



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PENENTUAN JUMLAH *EXIT TAXIWAY*
BERDASARKAN VARIASI JENIS PESAWAT
DAN KERAPATAN JADWAL PENERBANGAN
PADA *RUNWAY 1* BANDARA INTERNASIOANAL
SOEKARNO-HATTA JAKARTA**

WAHYU DWI PRASETIA
NRP. 3115105053

Dosen Pembimbing :
Istiar ST., MT

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RC14-1501

**PENENTUAN JUMLAH *EXIT TAXIWAY*
BERDASARKAN VARIASI JENIS PESAWAT
DAN KERAPATAN JADWAL PENERBANGAN
PADA *RUNWAY 1* BANDARA INTERNASIOANAL
SOEKARNO-HATTA JAKARTA**

WAHYU DWI PRASETIA
NRP. 3115105053

Dosen Pembimbing :
Istiar ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RC14-1501

**EVALUATION OF EXIT TAXIWAY BASED ON
AIRCRAFT TYPES AND FLIGHT SCHEDULE IN
SOEKARNO-HATTA INTERNATIONAL AIRPORT**

WAHYU DWI PRASETIA
NRP. 3115105053

Advisor :
Istiar ST., MT

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN JUMLAH *EXIT TAXIWAY* BERDASARKAN VARIASI JENIS PESAWAT DAN KERAPATAN JADWAL PENERBANGAN PADA *RUNWAY* 1 BANDARA INTERNASIONAL SOEKARNO-HATTA JAKARTA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

WAHYU DWI PRASETIA
NRP. 3115105053

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Istiar, ST. MT

SURABAYA
JUNI, 2017

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**PENENTUAN JUMLAH *EXIT TAXIWAY*
BERDASARKAN VARIASI JENIS PESAWAT DAN
KERAPATAN JADWAL PENERBANGAN PADA
RUNWAY 1 BANDARA INTERNASIONAL
SOEKARNO-HATTA JAKARTA**

Nama Mahasiswa : Wahyu Dwi Prasetya
NRP : 3115105053
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS
Dosen Pembimbing : Istiar, ST., MT

Abstrak

Transportasi udara di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahun. Pada tahun 2008, jumlah penumpang pengguna layanan transportasi udara berkisar 169 juta penumpang dan pada tahun 2013 sudah mencapai 325 juta penumpang. Kondisi tersebut berdampak terhadap Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Berdasarkan hasil analisa PT. Angkasa Pura II (Persero), kapasitas pada runway 1 yang melayani terminal 1 untuk penerbangan domestik sudah tidak mampu melayani pergerakan pesawat yang datang maupun berangkat.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan usaha untuk mengatasi permasalahan di atas, yakni dengan melakukan analisis mendalam mengenai jumlah exit taxiway yang ada saat ini, apakah masih efektif dalam melayani jadwal penerbangan yang padat. Penentuan jumlah exit taxiway berdasarkan variasi jenis pesawat dan kerapatan jadwal penerbangan pada kondisi eksisting, 5 tahun mendatang dan 10 tahun mendatang. Sedangkan peramalan jumlah penerbangan pada runway 1 Bandara Internasional Soekarno-Hatta menggunakan metode regresi linier.

Tahap awal analisis penentuan jumlah exit taxiway adalah menganalisis kapasitas suatu runway. Data primer diperoleh

dengan melakukan survey secara langsung di menara ATC atau dengan menggunakan program bantu dan pengamatan secara langsung di daerah dekat dengan runway 1. Untuk perhitungan kapasitas suatu runway menggunakan konsep jarak-waktu dan perumusan matematis kapasitas jenuh. Konsep ini mengacu bahwa diantara dua kedatangan dapat melayani keberangkatan. Selanjutnya adalah membandingkan setiap hasil perhitungan kapasitas suatu runway, apakah masih dapat melayani pertumbuhan pelayanan penerbangan atau tidak. Bila tidak, maka akan ditambah jumlah exit taxiway.

Dari hasil analisa, kapasitas runway 1 sebesar 58 operasi baik keberangkatan atau kedatangan. Sedangkan hasil peramalan 10 tahun mendatang, jumlah penerbangan saat jam sibuk sebanyak 74 operasi penerbangan. Kebutuhan exit taxiway sudah terpenuhi dengan tersedianya 7 exit taxiway. Kepadatan jumlah pergerakan pada saat jam puncak dapat teratasi dengan pembagian volume ke runway 2, pembagian volume ke jam lain dan penggantian tipe pesawat terbang yang lebih besar

Kata kunci : Runway, Exit taxiway, Bandar Udara, ATC

EVALUATION OF EXIT TAXIWAY BASED ON AIRCRAFT TYPES AND FLIGHT SCHEDULE IN SOEKARNO-HATTA INTERNATIONAL AIRPORT

Name of Student : Wahyu Dwi Prasetya
NOS : 3115105053
Department : Teknik Sipil FTSP-ITS
Supervisor : Istiar, ST., MT

Abstrak

Air transportation in Indonesia is increasing every year. In 2008, the number of passengers that used air transport services was 169 million passengers and in 2013 had reached 325 million passengers. That condition affected the Soekarno-Hatta International Airport. Based on the analysis of PT. Angkasa Pura II (Persero), the capacity on runway 1 that serves terminal 1 for domestic flights is not able to serve the departure or arrival of aircraft.

Based on these conditions, the efforts are needed to overcome the above problems, by conducting an in-depth analysis of the number of existing of exit taxiways, is it still effective in serving a busy flight schedule. Determination of exit taxiway amount based on variation of aircraft type and flight schedule density on existing condition, next 5 years and 10 years. The number of flights on the runway 1 Soekarno-Hatta International Airport in 10 years ahead, is forecasted by using linear regression method.

The initial stage of analysis determining the amount of exit taxiway, is to analyze the capacity of a runway. Primary data were obtained by conducting primary data surveys on ATC towers or by using auxiliary and observation programs directly in areas close to runway 1. The calculation of the capacity of a runway using the

concept of distance-time and mathematical formulation of saturated capacity. This concept refers that between two arrivals can serve the departure. Next step of analysis, is comparing each of the calculation results of a runway's capacity, whether is it still able serve the growth of flight or not. If not, then will be added the amount of exit taxiway.

The result of analysis, the capacity of runway 1 is able to serve 58 operations either departure or arrival. The results of forecasting the next 10 years, the number of flights during peak hour is 74 flight operations. The need for exit taxiway has been fulfilled with the availability of 7 exit taxiway. The density of the number of movements during peak hours can be solved by split the flight to runway 2, spread volume distribution to other hour and replacements the existing type of aircraft with the larger type of aircraft.

Key words : Runway, Exit taxiway, Airport, ATC

KATA PENGANTAR

Pertama-tama ucapan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat kami dalam menempuh jenjang Pendidikan Sarjana I Teknik Sipil ITS Surabaya. Tersusunnya tugas akhir ini juga tidak terlepas dari dukungan dan motivasi dari berbagai pihak yang telah banyak membantu dan memberi masukan serta arahan kepada kami. Untuk itu kami ucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Kedua orang tua, saudara-saudara kami tercinta, sebagai penyemangat terbesar bagi kami, dan yang telah banyak memberi dukungan moril maupun materil terutama doa dan semangatnya.
2. Bapak Istiar, ST., MT. selaku dosen konsultasi dan pembimbing kami yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, petunjuk, dan motivasi dalam penyusunan proyek akhir ini.
3. Serta semua pihak yang mendukung dan memberikan bantuan dalam penyelesaian laporan tugas akhir terapan yang tidak mampu disampaikan satu per satu kami ucapkan terimakasih.

Disusunnya Tugas Akhir ini sangatlah diharapkan, semoga apa yang telah dibuat ini dapat bermanfaat bagi para pembaca khususnya dan bagi majunya pendidikan umumnya.

Menyadari bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna. Sehingga ucapan mohon maaf apabila dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu dengan rendah hati diharapkan saran dan kritik yang berguna dari pembaca.

Demikian yang dapat disampaikan, terimakasih.

Surabaya, 13 Juni 2017

Penyusun

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRAK BAHASA INGGRIS	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Pendahuluan	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Maksud dan Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Lokasi Studi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Formulasi Kapasitas <i>Runway</i> Menggunakan Konsep Jarak- Waktu	9
2.2 Perumusan Matematis kapasitas Jenuh (<i>Ultimate Capacity</i>)	11
2.2.1 Pengembangan model untuk kedatangan (<i>Arrivals Only</i>) ..	11
2.2.2 Pengembangan model untuk keberangkatan (<i>Departures Only</i>)	21
2.2.3 Pengembangan model untuk operasi campuran	21
2.3 Perencanaan <i>Exit Taxiway</i>	25
2.3.1 Jenis-jenis <i>exit taxiway</i>	26
2.3.2 Perhitungan lokasi <i>exit taxiway</i>	27
2.4 Persyaratan Jarak antar <i>Exit Taxiway</i>	28
2.5 <i>Clearance Time</i>	30
2.6 Prosedur <i>Takeoff dan Landing</i>	31
2.6.1 Pertemuan penumpang dengan pesawat	31
2.6.2 Prosedur umum kedatangan pesawat	31
2.6.3 Tenggang waktu antara dua pesawat <i>takeoff</i>	32
2.7 Metode Perhitungan Jam Puncak	33

2.8 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara	33
2.8.1 Model Analisa Regresi Linier.....	34
BAB III METODOLOGI	35
3.1 Umum	35
3.2 Survey Pendahuluan	35
3.3 Studi Literatur.....	35
3.4 Pengumpulan Data.....	36
3.4.1 Data primer.....	36
3.4.2 Data sekunder	39
3.5 Kompilasi Data	39
3.5.1 Data primer.....	39
3.5.1 Data sekunder	39
3.6 Menghitung Kapasitas <i>Runway</i> Saat Ini	39
3.7 Usulan Konfigurasi <i>Exit Taxiway</i>	40
BAB IV DATA PERHITUNGAN	43
4.1 Spesifikasi Bandara Internasional Soekarno-Hatta	43
4.2 Pergerakan Pesawat Terbang pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta	47
4.3 Survey Data Primer	48
4.4 Variasi Pesawat Beserta Spesifikasi	53
4.5 Pergerakan Pesawat Terbang di <i>Runway</i> pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta	55
BAB V PERAMALAN PERTUMBUHAN JUMLAH PERGERAKAN PESAWAT TERBANG DI <i>RUNWAY</i>	63
BAB VI PERHITUNGAN KAPASITAS <i>RUNWAY</i>	81
6.1 perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> Kondisi Eksisting	83
6.1.1 <i>Arrivals only</i>	88
6.1.1.1 Keadaan Bebas Kesalahan.....	88
6.1.1.2 Keadaan Kesalahan Posisi	91
6.1.2 <i>Deprtures only</i>	94
6.1.3 Operasi campuran (<i>Mixed</i>)	95
6.2 Perhitungan Kapasitas <i>Runway</i> Kondisi 10 Tahun Mendatang	98
6.2.1 <i>Arrivals only</i>	98
6.2.1.1 Keadaan Bebas Kesalahan.....	99

6.2.1.2 Keadaan Kesalahan Posisi.....	99
6.2.2 <i>Deprtures only</i>	99
6.2.3 Operasi campuran (<i>Mixed</i>)	100
BAB VII PERENCANAAN <i>EXIT TAXIWAY</i>	103
7.1 Perencanaan Letak <i>Exit Taxiway</i>	103
7.2 Perencanaan Jumlah <i>Exit Taxiway</i>	108
BAB VII KESIMPULAN DAN SARAN	109
8.1 Kesimpulan	109
8.2 Saran	109
DAFTAR PUSTAKA.....	xv

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Bandara Internasional Soekarno-Hatta .	5
Gambar 1.2 <i>Detail Layout</i> bandara Internasional Soekarno-Hatta	5
Gambar 2.1 Konsep Diagram Waktu-Jarak untuk Operasi-operasi Campuran Pada Sistem <i>Runway</i>	10
Gambar 2.2 Diagram Waktu-jrak untuk Jarak antar kedatangan Merapat.....	14
Gambar 2.3 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Keadaan Merenggang.....	16
Gambar 2.4 Ilustrasi Jarak Waktu Penyangga pada Pemisah Sebenarnya diantara Pesawat apabila Kesalahan Posisi Diperhitungkan	18
Gambar 2.5 Diagram Waktu-Jarak Untuk jarak antar Kedatangan Operasi Campuran Di[erhitungkan	24
Gambar 2.6 <i>Exit Taxiway</i> Bersudut Siku	27
Gambar 2.7 <i>Rapid Exit Taxiway</i>	27
Gambar 2.8 Waktu Minimum Keberangkatan Pesawat	30
Gambar 2.9 Waktu Minimum Keberangkatan Pesawat	31
Gambar 2.10 Waktu Minimum Keberangkatan Pesawat	31
Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Perhitungan Tugas Akhir	42
Gambar 4.1 Jarak <i>Exit Taxiway</i> dari <i>Ujung Runway</i> 07R	45
Gambar 4.2 Jarak <i>Exit Taxiway</i> dari <i>Ujung Runway</i> 25L	45
Gambar 4.3 <i>Lay Out</i> Bandara Udara Internasional Soekarno-Hatta	53
Gambar 4.4 Grafik Pergerakan Pesawat Terbang Tiap Tahun Pada Tahun 2008-2015	60
Gambar 4.5 Grafik Presentasi Pesawat Terbang Tiap Tahun Pada Tahun 2008-2015	61
Gambar 5.1 Grafik Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Domestik dan Internasional	64
Gambar 5.2 Diagram Alir Perhitungan Jumlah Pergerakan jam Puncak Hari Tersibuk Bulan Puncak Pada Tahun X.....	66
Gambar 5.3 Grafik Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang di <i>Runway</i> pada tahun 2008-2015	68

Gambar 5.4 Grafik Presentasi Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori pada Tahun 2008-2015	78
Gambar 7.1 Jarak <i>Exit Taxiway</i> dari <i>Ujung Runway</i> 25L	107
Gambar 8.1 <i>Lay Out</i> Bandara Internasional Soekarno-Hatta ...	111
Gambar 8.2 Rencana Penambahan <i>Runway</i> 3 dan <i>Runway</i> 4 ..	112

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengelompokan Bandara Udara dan Golongan Pesawat Berdasarkan Kode Referensi Bandara Udara	29
Tabel 2.2 Jarak Antara <i>Exit Taxiway</i>	29
Tabel 4.1 Spesifikasi bandara Udara Internasional Soekarno-Hatta	44
Tabel 4.2 Jarak <i>Exit Taxiway</i> daru <i>Ujung Runway 07R/25L</i>	44
Tabel 4.3 Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Per Jam pada Tanggal 14 Februari 2017 dan 15 Februari 2017	47
Tabel 4.4 Hasil Survey Data Primer untuk Kedatangan Tanggal 15 Februari 2017	53
Tabel 4.5 Hasil Survey Data Primer untuk Keberangkatan Tanggal 15 Februari 2017	53
Tabel 4.6 Jenis Pesawat Terbang yang Beroperasi di Bandara Internasional Soekarno-Hatta	53
Tabel 4.7 Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan Menurut FAA	54
Tabel 4.8 Presentasi Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan	54
Tabel 4.9 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2008.....	55
Tabel 4.10 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2009.....	56
Tabel 4.11 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2010.....	56
Tabel 4.12 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2011	57
Tabel 4.13 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2012.....	57
Tabel 4.14 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2013.....	58
Tabel 4.15 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2014.....	58
Tabel 4.16 Pergerakan Pesawat Terbang pada Tahun 2015.....	59
Tabel 4.17 Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori pada Tahun 2008-2015	61
Tabel 5.1 Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Di <i>Runway</i> Bandara Internasional Soekarno-Hatta	64
Tabel 5.2 Hasil Peramalan jumlah Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Terbang di <i>Runway</i> Hingga 2015.....	69
Tabel 5.3 <i>Ratio</i> Pergerakan Pesawat Terbang Bulanan pada Tahun 2008-2015.....	99

Tabel 5.4 <i>Ratio</i> Pergerakan Pesawat Terbang Harian	72
Tabel 5.5 <i>Ratio</i> Pergerakan Pesawat Terbang Jam Puncak.....	74
Tabel 5.6 Peramalan Pergerakan Pesawat Terbang.....	76
Tabel 5.7 Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori pada tahun 2008-2015.....	77
Tabel 5.8 Hasil Peramalan Jumlah Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori pada 2025	79
Tabel 6.1 jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Per Jam Pada Tanggal 14 Februari 2017	83
Tabel 6.2 Pengelompokkan Berdasarkan kategori dan Karakteristiknya Pada tanggal 14 Februari 2017	84
Tabel 6.3 Jadwal Penerbangan Pesawat Terbang pada Tanggal 14 Februari 2017	99
Tabel 6.4 Hasil Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Terbang Di <i>Runway</i> Kondisi 10 Tahun Mendatang	98
Tabel 7.1 Data Kecepatan dan Perlambatan Pesawat Berdasarkan Kategori.....	103
Tabel 7.2 Jarak Ujung <i>Runway</i> ke Titik <i>Touchdown</i> (D_1) dan Jarak Titik <i>Touchdown</i> ke Lokasi <i>Exit Taxiway</i> (D_2)	105
Tabel 7.3 Jarak Ujung <i>Runway</i> ke Titik <i>Touchdown</i> (D_1) dan Jarak Titik <i>Touchdown</i> ke Lokasi <i>Exit Taxiway</i> (D_2) Terkoreksi	105
Tabel 7.4 Jarak Ujung <i>Runway</i> ke Titik <i>Touchdown</i> (D_1) dan Jarak Titik <i>Touchdown</i> ke Lokasi <i>Exit Taxiway</i> (D_2) Terkoreksi	106
Tabel 7.5 Jarak <i>Exit Taxiway</i> dari <i>Ujung Runway</i> 07R/25L	107
Tabel 7.6 Prosentasi Pemakaian <i>Exit Taxiway</i> pada Jam Puncak	108

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Perkembangan zaman yang semakin maju serta cepat membuat perubahan pada pola kehidupan manusia. Hal ini bisa dirasakan bahwa sahnya semua kegiatan membutuhkan mobilitas yang cepat sehingga tidak heran setiap orang pada satu hari dapat berpindah - pindah di beberapa kota. Dari tuntutan zaman diatas bila dibandingkan satu per-satu modal transportasi yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut hanyalah modal transportasi udara berupa pesawat terbang. Salah satu contoh mudah yang dapat dilihat waktu tempuh untuk ke kota Jakarta bila kita menggunakan pesawat terbang kurang lebih hanya membutuhkan waktu kurang dari satu jam sedangkan bila menggunakan modal transportasi darat dan laut bisa memakan waktu lebih dari 1 hari. Timbul tuntutan seperti ini tidak heran bahwa berdasarkan data CEIC (*A Euromoney Institutional Investor Company*) pada beberapa tahun kebelakang peningkatan pelayanan penerbangan Di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan, pada tahun 2008 saya jumlah penumpang pengguna layanan transportasi udara berkisar 169 juta penumpang dan pada tahun 2013 sudah mencapai 325 juta penumpang. CEIC merupakan dataset terbesar di dunia dengan tenaga ahli yang diandalkan dan dapat memberikan informasi yang paling luas dan akurat untuk negara maju dan berkembang di seluruh dunia. Peningkatan jumlah pelayanan penerbangan dari tahun ke tahun membuat setiap maskapai berbondong – bondong untuk menambah armada pesawat terbangnya hal ini dapat dilihat dari data CAPA – CENTER FOR AVITATION selaku badan penyedia data analisi bahwa setiap tahun dari tahun 2013 sampai dengan 2028 permintaan akan armada pesawat terbang masing terus ada meskipun terdapat naik turun.

Munculnya kondisi seperti diatas tentunya menimbulkan berbagai dampak, untuk lebih mengerucut maka dipilih *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno-Hatta karena *runway* 1 melayani

penerbangan domestik dengan tujuan hampir semua kota-kota besar yang ada di Indonesia sehingga memiliki jadwal penerbangan yang sangat padat serta bandara ini merupakan bandara terbesar yang ada di Indonesia dan berada di dekat ibu kota Indonesia yaitu kota Jakarta. Dengan lokasi bandara yang berada dekat ibu kota Indonesia tidak heran bahwa bandara Internasional Soekarno-Hatta harus melayani permintaan penerbangan yang sangat tinggi namun hal ini terbatas akan kapasitas bandara, berdasarkan data dari PT. Angkasa Pura II (Persero) selaku badan yang menangani bandara di daerah Sumatera dan sebagian Jawa kapasitas infrastruktur bandara Internasional Soekarno-Hatta sudah dikatakan melampaui batas. Penjelasan sebelumnya telah membahas mengenai infrastruktur lalu bagaimana dengan kondisi *runway* 1 serta *exit taxiway* yang tersedia sudah dapat melayani pesawat terbang yang semakin tahun semakin mengalami kenaikan. Kenaikan tersebut tentunya harus diimbangi dengan kajian mengenai konfigurasi *runway* dan *exit taxiway* apakah sudah bekerja optimum untuk melayani pesawat yang beroperasi dan meningkatkan daya tampung pesawat pada suatu bandara. Menurut (Horonjeff & McKelvey, 1994) *runway* dan *exit taxiway* yang diatur sedemikian, mampu mengatasi pergerakan maksimum yang terjadi dalam kondisi peak hour, menghasilkan seminimal mungkin hambatan dan delay pada saat proses landing, taxiing dan takeoff, dan menyediakan taxiway yang memadai, sehingga pesawat landing dapat meninggalkan *runway* secepat mungkin, dan sedapat mungkin menuju daerah terminal. Lokasi *exit taxiway* pada *runway* dibuat sedemikian rupa sehingga pesawat yang landing secepat mungkin keluar dari *runway* sehingga penggunaan *runway* yang sangat minimal dapat berdampak besar terhadap kapasitas suatu bandara untuk menampung pesawat yang akan mendarat dan tinggal landas.

Berdasarkan kondisi yang telah ada Tugas Akhir ini akan menganalisa lebih dalam mengenai kapasitas *runway* 1 dengan membandingkan hasil analisa secara teoritis dan aktual dengan perhitungan secara numerikal dengan memasukkan rumus

kecepatan pesawat saat *landing*. Dari perhitungan tersebut akan dievaluasi apakah *exit taxiway* yang berada pada Bandara Internasional Soekarno – Hatta sudah memenuhi kebutuhan.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini masalah yang akan diangkat adalah :

1. Bagaimana kapasitas *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta saat ini pada saat jam puncak ?
2. Bagaimana kapasitas *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta saat jam puncak untuk kondisi 10 tahun mendatang ?
3. Apakah jumlah *exit taxiway* saat ini sudah memenuhi syarat kebutuhan, dihitung secara numerikal berdasarkan rumus kecepatan pesawat saat *landing* ?
4. Bagaimana konfigurasi *exit taxiway* yang diusulkan agar kapasitas *runway* 1 bisa ditangani ?

1.3 Maksud dan Tujuan

Tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah ?

1. Menghitung kapasitas *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta saat ini pada saat jam puncak.
2. Menghitung kapasitas *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta saat jam puncak 10 tahun mendatang.
3. Melakukan evaluasi terhadap jumlah *exit taxiway* berdasarkan rumus kecepatan pesawat saat *landing*
4. Mengusulkan konfigurasi *exit taxiway* baru untuk meningkatkan kapasitas *runway*.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan Tugas Akhir ini dibatasi masalah – masalah sebagai berikut ini :

1. Penentuan kebutuhan *exit taxiway* dihitung berdasarkan beberapa parameter, yaitu jenis pesawat yang beroperasi, jadwal penerbangan, dan arah pergerakan pesawat.

2. Usulan *exit taxiway* (bila diperlukan) hanya berupa perhitungan letak ideal, jumlah, dan besar sudut, tidak memperhitungkan geometri dan analisa biaya.
3. Data trafik dibatasi pada saat jam puncak (*peak hour*).
4. Jenis pesawat dibatasi hanya pada pesawat penumpang berjadwal.
5. Pembagian kategori pesawat berdasarkan kecepatan pesawat saat *landing*, bukan berdasarkan ukuran pesawat.
6. *Runway* dan *Exit Taxiway* yang di tinjau hanya pada terminal 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta.
7. Penentuan jumlah *Exit Taxiway* berdasarkan kondisi penggunaan *Exit Taxiway* saat survey.

1.5 Manfaat Penulisan

Adapun manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini yaitu :

1. Mampu menganalisa kapasitas *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta saat ini pada saat jam puncak.
2. Mampu menganalisa kapasitas *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno – Hatta saat 10 tahun mendatang.
3. Menambah wawasan tentang perencanaan *exit taxiway*.
4. Merekomendasikan usulan konfigurasi beberapa perencanaan letak, jumlah, dan sudut *exit taxiway* berdasarkan variasi jenis pesawat dan kerapatan jadwal penerbangan kepada pihak terkait.

1.6 Lokasi Studi

Studi dilakukan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang terletak sekitar 20 kilometer sebelah barat kota Jakarta. Bandara yang dioperasikan oleh PT. Angkasa Pura II (Persero) ini memiliki luas lahan sekitar 1.800 hektar yang terdiri dari 2 paralel *runway*, 3 terminal penumpang untuk setiap penumpang berkapasitas : 22 juta / tahun.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Bandara Internasional Soekarno-Hatta

(Sumber : <https://www.google.co.id/maps/@-6.0896376,106.7851874,11.5z?hl=id>) tanggal 25 Januari 2017



Gambar 1.2 Detail Layout Bandara Internasional Soekarno-Hatta

(Sumber : PT. Angkasa Pura II(Persero)) tahun 2013

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Maksud dan tujuan utama dari pembahasan mengenai kapasitas suatu *runway* adalah untuk menentukan cara yang efektif dalam meningkatkan suatu kapasitas *runway* dan mengurangi penundaan disuatu bandara dikarenakan kepadatan jadwal penerbangan. Dalam prakteknya, anilisa dibuat untuk mempelajari perubahan permintaan dan dampak modifikasi fasilitas terhadap pelayanan untuk memenuhi permintaan ini. Beberapa penerapan analisis tersebut harus meliputi (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010):

1. Pengaruh letak dan geometri *exit taxiway* alternatif pada kapasitas sistem landas pacu.
2. Dampak batasan batasan lapangan udara akibat prosedur prosedur pengurangan kebisingan, kemampuan landasan pacu yang terbatas, atau fasilitas-fasilitas pengendali lalu lintas udara yang tidak memadai pada tingkat pemrosesan lapangan terbang.
3. Akibat diperkenalkannya pesawat terbang kelas berat kedalam campuran pesawat terbang disuatu bandara dan suatu penelitian mekanisme-mekanisme alternatif untuk melayani campuran pesawat itu.
4. Penyelidikan mengenai konfigurasi pemakaian landasan pacu alternatif terhadap kemampuan untuk memproses pesawat terbang.
5. Alternatif-alternatif bagi konstruksi *taxiway* atau *runway* untuk memudahkan pemrosesan pesawat.
6. Keuntungan yang akan diperoleh dalam pengurangan kapasitas sistem atau penundaan dengan pengalihan pesawat terbang penerbangan umum ke fasilitas-fasilitas pembantu dalam daerah pusat yang besar.¹

¹ Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. Chapter 12 Page 485

Secara umum kapasitas suatu *runway* tergantung pada konfigurasi antara *runway* dan *exit taxiway*. Namun masih banyak faktor yang berpengaruh terhadap kapasitas suatu *runway* antara lain nya (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010) :

1. Konfigurasi, jumlah, jarak, dan orientasi dari sistem *runway*.
2. Konfigurasi, jumlah, dan letak *taxiway* dan *exit taxiway*.
3. Susunan, ukuran, dan jumlah gerbang didaerah apron.
4. Waktu pemakaian *runway* bagi pesawat terbang yang menggunakan fasilitas tersebut.
5. Ukuran dan campuran pesawat terbang yang menggunakan fasilitas tersebut.
6. Cuaca, terutama jarak pandang dan tinggi awan, karena aturan lalulintas udara untuk cuaca yang baik berbeda dengan cuaca yang buruk.
7. Kondisi angin yang dapat menghalangi penggunaan seluruh *runway* yang tersedia oleh semua pesawat terbang.
8. Prosedur pengurangan kebisingan yang dapat membatasi jenis dan waktu operasi pada *runway* yang ada.
9. Didalam kendala-kendala angin dan pengurangan kebisingan, strategi yang dipilih para pengendali untuk mengoperasikan sistem *runway*.
10. Jumlah kedatangan relatif terhadap jumlah keberangkatan.
11. Jumlah dan frekuensi operasi keadaan tak menentu (touch and go) dari pesawat penerbangan umum.
12. Keberadaan dan frekuensi terjadinya pusaran gelombang yang membutuhkan jarak pisah yang lebih besar apabila pesawat terbang ringan berada dibelakang pesawat terbang yang berat daripada apabila pesawat terbang yang berat berada dibelakang pesawat terbang ringan.
13. Keberadaan dan sifat-sifat alat bantu navigasi.
14. Ketersediaan dan struktur ruang angkasa untuk menetapkan rute-rute kedatangan dan keberangkatan.

15. Sifat dan keadaan fasilitas pengndali lalulintas udara.²

Faktor yang paling penting yang mempengaruhi kapasitas *runway* adalah jarak antara pesawat berurutan pada nomor 5 dan 6. Jarak ini bergantung pada aturan-aturan lalulintas udara yang sesuai, yang merupakan fungsi kondisi cuaca dan ukura pesawat terbang.

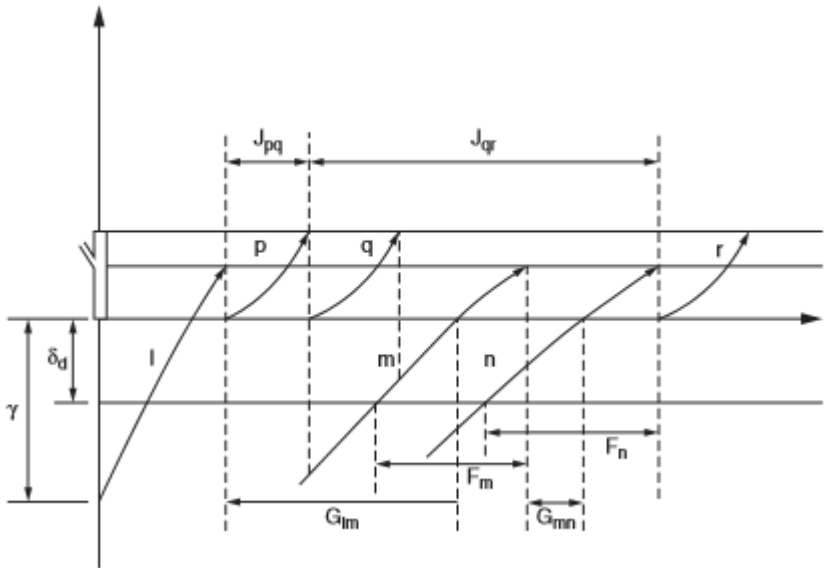
2.1 Formulasi Kapasitas *Runway* Menggunakan Konsep Jarak-Waktu (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Konsep jarak dan waktu berguna untuk mengerti urutan operasional pesawat terbang pada suatu sistem *runway* terhadap ruang angkasa disekitarnya. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 2.1, pada gambar ini menunjukkan terdapat tiga operasi kedatangan dan tiga operasi keberangkatan yang dilayani. Dasar aturan pengurutan yang digunakan untuk melayani pesawat terbang tersebut adalah sebagai berikut (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010) :

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan pada *runway* pada saat yang bersamaan.
2. Pesawat yang datang diberi prioritas untuk memgggunakan *runway* daripada pesawat yang berangkat.
3. Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.³

² Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. Chapter 12 Page 489

³ Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. Chapter 12 Page 494



Gambar 2.1 Konsep Diagram Waktu-Jarak untuk Operasi-operasi Campuran pada Sistem *Runway*
(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Bila dijelaskan secara singkat diagram waktu-jarak menunjukkan bahwa j_{pq} dan j_{qr} adalah selang waktu diantara keberangkatan, G_{lm} dan G_{mn} adalah besaran waktu operasi keberangkatan dapat dilakukan dan untuk besaran waktu operasi keberangkatan tidak dapat dilakukan diwakili oleh F_m dan F_n .

Beberapa operasi yang dapat dilakukan berdasarkan diagram waktu-jarak antara lainnya. Keberangkatan awal p dapat dilakukan sebelum kedatangan pertama l mencapai jarak δ_d dari ambang *runway*, karena pada kondisi ini *runway* bebas. Keberangkatan kedua q dapat dilakukan apabila keberangkatan sebelumnya p telah dilakukan, karena kedatangan m berjarak lebih dari δ_d mil dari ambang *runway* pada waktu itu. Keberangkatan ketiga r tidak bisa dilakukn apabila kedua pesawat telah meninggalkan *runway* dikarena pesawat m berjarak lebih kecil dari

δ_d mil dari ujung *runway* pada saat itu dan keberangkatan tidak bisa dilakukan sampai kedatangan terakhir n selesai beroperasi.

2.2 Perumusan Matematis Kapasitas Jenuh (*Ultimate Capacity*) (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Pada model ini menjelaskan kondisi kapasitas suatu sistem *runway* dalam jangka waktu tertentu ketika permintaan pelayanan yang berkesinambungan. Kapasitas adalah waktu pelayanan rata-rata terboboti dari seluruh pesawat yang dilayani sebagai contoh, apabila waktu pelayanan rata-rata terboboti sebesar 90 detik, kapasitas *runway* sebesar 1 operasi setiap 90 detik atau 40 operasi setiap jam. Model ini menyatakan bahwa waktu pelayanan landasan didefinisikan sebagai pemisah diudara sehingga waktu pemakaian *runway* diambil yang lebih besar.

2.2.1 Pengembangan model untuk kedatangan (*arrivals only*)

Kapasitas suatu *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut:

1. Campuran pesawat terbang yang biasanya diberi karakter oleh penggolongan pesawat kedalam beberapa kelas menurut kecepatan mendekati *runway* (*approach speed*).
2. Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kelas pesawat.
3. Panjang jalur pendekatan umum kelandasan dari jalur masuk (*entry*) atau gerbang ILS keambang *runway*.
4. Aturan-aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan.
5. Besarnya kesalahan dalam waktu kedatangan digerbang dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umum ke *runway*.
6. Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima.

7. Waktu pemakaian *runway* rata-rat berbagai kelas pesawat dalam campuran dan besar pencaran (*dispersion*) dalam waktu rata-rata tersebut.⁴

2.2.1.1 Keadaan bebas kesalahan (*error-free case*)

Pada keadaan bebas kesalahan perlu untuk merumuskan matriks selang waktu diantara kedatangan pesawat diambang *runway* agar mendapatkan waktu pelayanan terboboti (*weighted service time*). Dengan memperoleh matriks ini waktu pelayanan terboboti dapat dihitung. Kebalikan waktu pelayanan terboboti adalah kapasitas *runway*. Misalkan matriks bebas kesalahan adalah $[M_{ij}]$, selang waktu minimum diambang *runway* untuk pesawat terbang dengan kelas kecepatan i yang diikuti pesawat kelas j , dan misalkan presentase kelas pesawat i dalam campuran adalah P_{is} , dan pesawat j adalah P_{js} maka perhitungannya dapat dilihat pada persamaan 2.1 s.d 2.3 (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 498)

$$T_j - T_i = [T_{ij}] = [M_{ij}] \quad (2.1)$$

Dimana:

T_j : waktu dimanan pesawat i yang didepan melewati ambang *runway*.

T_j : waktu dimanan pesawat j yang dibelakang melewati ambang *runway*.

$[T_{ij}]$: matriks pemisahan waktu sebenarnya diambang *runway* untuk dua kedatangan yang berurutan, pesawat dengan kecepatan i diikuti oleh pesawat dengan kelas kecepatan j . (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 499)

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} M_{ij} = \sum P_{ij} T_{ij} \quad (2.2)$$

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

⁴ Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. Chapter 12 Page 498

Dimana :

$E[T_{ij}]$: waktu pelayanan rata-rata (mean), atau waktu antar kedatangan diambang *runway* untuk campuran pesawat.

P_{ij} : probabilitas pesawat yang didepan i , akan diikuti pesawat dibelakangnya j .

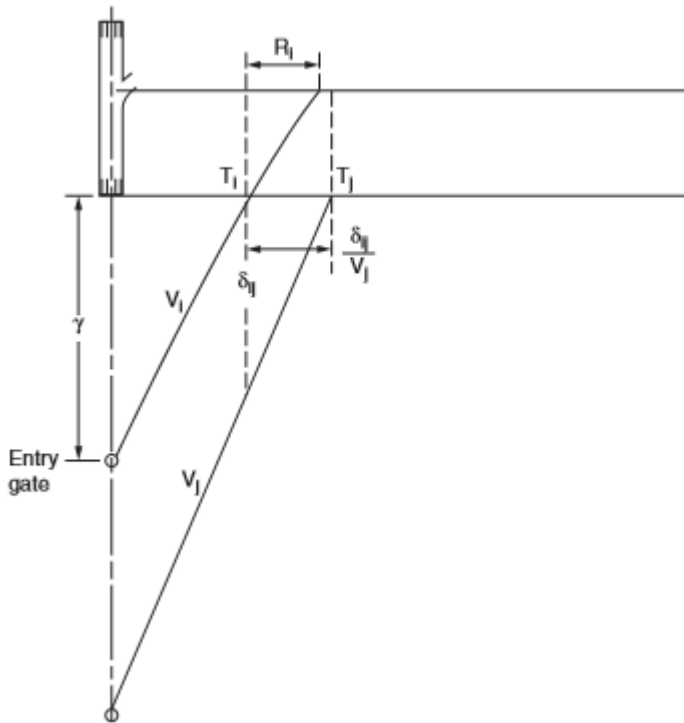
C : kapasitas *runway* untuk mengolah campuran pesawat yang akan dating ini.

Untuk mendapatkan waktu antar kedatangan diambang landasan pacu, perlu diketahui kecepatan pesawat yang berada didepan (V_i) lebih besar atau lebih kecil bila dibandingkan dengan kecepatan pesawat dibelakangnya (V_j). Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.2 dan 2.3

Keadaan merapat ($V_i \leq V_j$)

Keadaan merapat terjadi bila kecepatan pesawat mendekati *runway* lebih kecil dari kecepatan pesawat yang ada dibelakangnya hal ini bisa dilihat pada Gambar 2.2. Namun jika waktu pemakaian *runway* dari kedatangan R_i lebih besar dari pemisahan diudara, maka akan menjadi pemisahan minimum diambang landasan. Keadaan ini dapat dirumuskan sebagai berikut (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 501) :

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j} \quad (2.4)$$



Gambar 2.2 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Merapat

(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

γ panjang jalur pendekatan umum ke *runway*

δ_{ij} jarak pisah minimum yang diperbolehkan diantara dua pesawat yang datang, pesawat i didepan dan pesawat j dibelakang, disebarkan tempat disepanjang jalur pendekatan umum ini

V_i kecepatan saat mendekati landasan dari pesawat didepan dari kelas i

V_j kecepatan pada saat mendekekati landasan dari pesawat dibelakang kelas j

R_i waktu pemakaian *runway* dari pesawat didepan kelas i

γ_{ij} panjang jalur pendekatan umum kelandasan

Keadaan merenggang ($V_i > V_j$)

Keadaan merenggang terjadi bila kecepatan pesawat didepan lebih besar dari pada kecepatan pesawat dibelakangnya, keadaan ini dapat dilihat pada Gambar 2.3a. Persamaan untuk keadaan ini diperlihatkan pada perumusan 2.5. apabila pengendalian hanya dilakukan di jalur masuk hingga keambang landasan, maka :

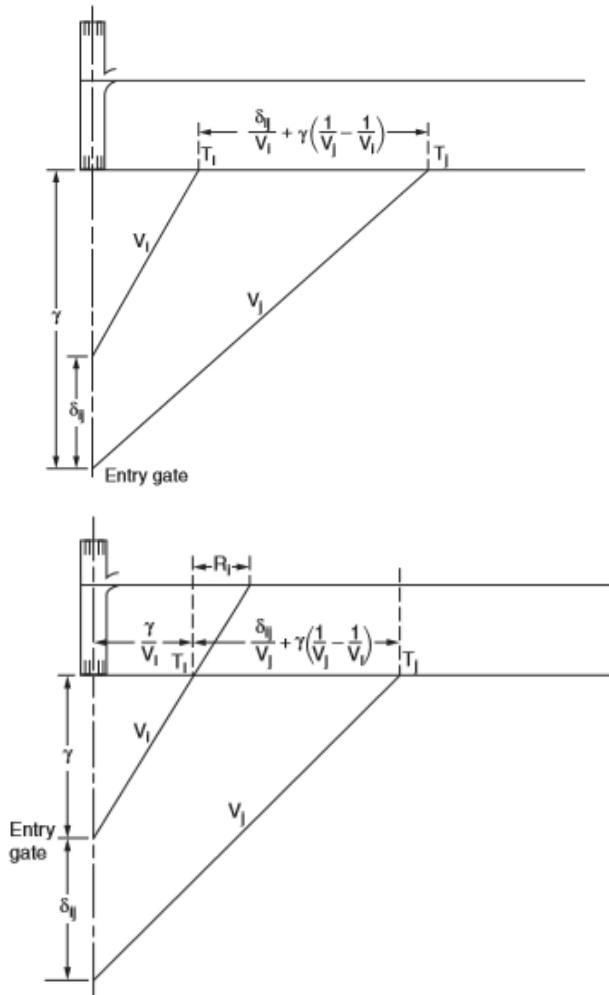
(PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 501)

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_i} + \gamma \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \quad (2.5)$$

Apabila pengendalian dilakukan untuk mempertahankan pemisahan diantara kedua pesawat ketika berada didepan jalur masuk, seperti pada gambar 2.3b, maka perhitungannya menjadi persamaan 2.6

(PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 501)

$$T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{v_j} + \gamma \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \quad (2.6)$$

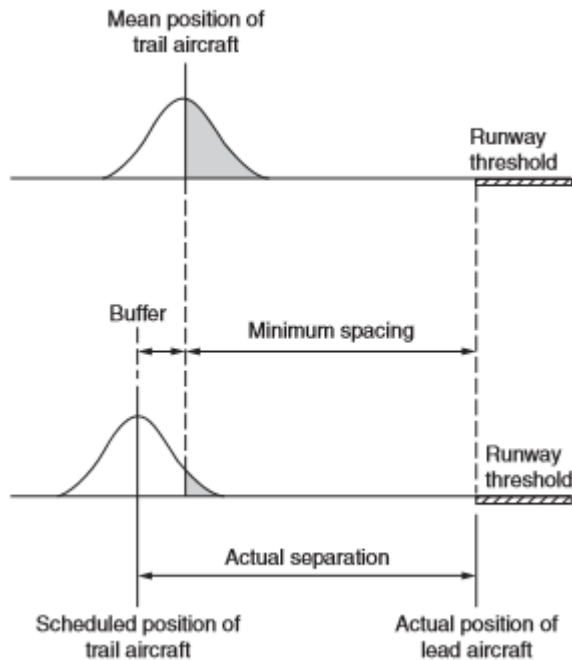


Gambar 2.3 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar
Kedatangan Keadaan Merenggang
(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

2.2.1.2 Perhitungan mengenai kesalahan posisi

Model memperhitungkan kesalahan dengan menambahkan waktu sangga terhadap waktu pisah minimum. Lamanya waktu sangga itu tergantung pada probabilitas penyimpangan yang dapat diterima. Gambar 2.4 memperlihatkan posisi pesawat yang berada dibelakang ketika ia mendekati ambang *runway*.

Kesalahan didistribusikan secara normal dapat digambarkan dengan bentuk lonceng yang diarsir sebesar 50 persen menyatakan pemisahan minimum, untuk memperkecil probabilitas pelanggaran pesawat harus diatur sampai posisi dengan penambahan waktu sangga terhadap patok pemisah minimum, seperti terlihat pada Gambar 2.4. Pada keadaan ini apabila pesawat lebih cepat dari jadwal sehingga melewati daerah kurva yang lebih kecil, pelanggaran terhadap pemisahan akan terjadi. Dalam kenyataannya, para pengendali lalu lintas udara menjadwalkan pesawat dengan memakai waktu sangga sehingga probabilitas pelanggaran terhadap aturan pemisahan minimum berada pada tingkat yang dapat diterima.



Gambar 2.4 Ilustrasi Jarak Waktu Penyangga pada Pemisahan Sebenarnya di antara Pesawat apabila Kesalahan Posisi Diperhitungkan

(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Dalam keadaan merapat, penyangga merupakan nilai yang tetap. Meskipun demikian, dalam keadaan merenggang, penyangga tidak harus merupakan nilai yang tetap dan pada umumnya lebih kecil dari penyangga pada keadaan merapat. Berdasarkan keadaan diatas dibuat matriks waktu sangga [Bij] untuk ditambahkan pada matriks bebas kesalahan untuk menentukan matriks waktu antar kedatangan sebenarnya, yang dari matriks ini kapasitas dapat ditentukan. Hubungan ini dirumuskan dalam persamaan :

(PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 504)

$$E[T_{ij}] = \Sigma P_{ij}[M_{ij} + B_{ij}] \quad (2.7)$$

Keadaan Merapat

Keadaan merapat terjadi bila kecepatan pesawat mendekati *runway* lebih kecil dari kecepatan pesawat yang ada dibelakangnya dan pemisah diperlihatkan pada Gambar 2.2. pada kondisi ini waktu pemisah minimum ditambahkan dengan e_0 sebagai suatu kesalahan random yang didistribusikan secara normal rata-rata nol dengan simpangan baku σ_0 . Maka untuk setiap pasang kedatangan dirumuskan sebagai berikut :

$$T_{ij} = E[T_{ij}] + e_0$$

Tetapi untuk tidak melanggar patokan aturan pemisah minimum, nilai $E[T_{ij}]$ harus ditambah dengan penyangga besar B_{ij} . Oleh Karena itu, dapat

$$E[T_{ij}] = M_{ij} + B_{ij}$$

Dan juga

$$T_{ij} = M_{ij} + B_{ij} + e_0$$

Untuk keadaan ini pemisah minimum diambang *runway* diberikan oleh persamaan 2.8 Tujuannya adalah untuk mendapatkan probabilitas pelanggaran p , tertentu, yaitu besarnya penyangga yang dibutuhkan.

(PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 504).

$$P_v = P \left(T_{ij} < \frac{\delta_{ij}}{V_j} \right)$$

Atau

$$P_v = P \left(\frac{\delta_{ij}}{V_j} + B_{ij} + e_0 < \frac{\delta_{ij}}{V_j} \right) \quad (2.8)$$

Yang disederhanakan menjadi (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 505)

$$P_v = P (B_{ij} < -e_0)$$

Dengan menganggap bahwa kesalahan itu didistribusikan secara normal dengan simpangan baku σ_0 nilai penyangga dapat dicari dari persamaan 2.9

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v \quad (2.9)$$

Dimana :

q_v nilai dimana distribusi normal standar kumulatif mempunyai nilai (1-pv).

Dengan kata lain, hal ini berarti besarnya simpangan baku dari rata-rata dalam suatu presentase tertentu dibawah kurva normal akan didapat. Sebagai contoh apabila $p_v=0,05$, maka q_v adalah presentase ke 95 dari distribusi dan besarnya = 1,65. Dalam keadaan merapat , waktu sangga adalah suatu konstanta yang bergantung pada besarnya pancaran kesalahan dan probabilitas pelanggaran p_v yang dapat diterima.

Keadaan Merenggang

Keadaan merenggang terjadi bila kecepatan pesawat didepan lebih besar dari pada kecepatan pesawat dibelakangnya. Model ini didasarkan pada anggapan bahwa pesawat berada di belakang harus dijadwalkan pada jarak yang tidak kurang dari δ_{ij} mil dibelakang pesawat yang berada didepan ketika yang terakhir ini berada pada jalur masuk, tetapi dianggap bahwa pemisahan yang ketat hanya dilakukan oleh pengendali. Secara matematis hal ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

(PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 505)

$$P_v = P \left[T_i - \left(\frac{\delta_{ij} + \gamma}{V_j} \right) < T_i - \frac{\gamma}{V_i} \right]$$

Atau

$$P_v = P \left[T_j - T_i < \frac{\delta_{ij}}{V_j} + \left(\frac{\gamma}{V_j} - \frac{\gamma}{V_i} \right) \right]$$

Dengan menggunakan persamaan(2.5) dan (2.9) untuk menghitung jarak sebenarnya diambang landasan dan disederhanakan menjadi

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{v_j} - \frac{1}{v_i} \right) \quad (2.10)$$

Oleh karena itu, untuk keadaan merenggang besarnya penyangga dikurangi dari yang dibutuhkan dalm keadaan merapat, seperti terlihat dalm persamaan (2.9). nilai penyangga yang negative tidak diperbolehkan dan oleh sebab itu, penyangga merupakan suatu nilai positif dengan minimum sam dengan nol.

2.2.2 Pengembangan model untuk keberangkatan (*departures only*)

Ketika keberangkatan dinyatakan bebas untuk lepas landas berdasarkan interval waktu minimum, atau waktu antar keberangkatan tds, kapasitas keberangkatan landasan pacu Cd diberikan oleh persamaan 2.11 dan 2.12 (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 507)

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)} \quad (2.11)$$

Dan

$$E(t_d) = \sum [P_{ij}] [t_d] \quad (2.12)$$

Dimana:

$E(t_d)$: waktu pelayanan rata-rata (mean) atau waktu antar keberangkatan diambang *runway* untuk campuran pesawat.

$[P_{ij}]$: probabilitas pesawat yang didepan i , akan diikuti oleh pesawat dibelakang j .

$[t_d]$: matriks waktu antarkeberangkatan.

2.2.3 Pengembangan model-model untuk operasi campuran

Model ini didasarkan pada empat aturan pengoperasian yang sama seperti halnya model-model yang dikembangkan oleh AIL (*Airbone Instruments Laboratory*). Aturan-aturan ini adalah sebagai berikut :

1. Kedatangan mempunyai prioritas daripada keberangkatan.

2. Hanya satu pesawat dapat berada di *runway* pada sembarang waktu.
3. Keberangkatan tidak dapat dilaksanakan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu dari ambang *runway*, biasanya 2 nmi dalam kondisi IFR.
4. Keberangkatan yang berurutan diatur sehingga pemisahan waktu minimumnya sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.⁵

Diagram waktu-jarak berguna untuk memperlihatkan pengurutan operasi campuran hal ini diperlihatkan pada gambar 2.5. Pada gambar ini T_i dan T_j merupakan waktu dimana pesawat yang ada didepan (i) dan yang ada dibelakang (j), melewati ambang kedatangan, T_1 adalah waktu dimana pesawat yang datang meninggalkan *runway*. T_d adalah waktu dimana pesawat yang berangkat mulai lepas landas, δd adalah jarak minimum pada jarak mana pesawat yang datang harus berada (dari ambang landasan) supaya keberangkatan dapat dilakukan, T_2 adalah waktu yang menyatakan saat terakhir dimana keberangkatan dapat dilakukan, R_i adalah waktu pemakaian *runway* untuk suatu kedatangan, G adalah perbedaan waktu dimana keberangkatan dapat dilakukan dan t_d adalah waktu pelayanan yang dibutuhkan untuk keberangkatan.

Karena kedatangan diberikan prioritas, pesawat yang datang diurutkan dengan memberi pemisahan minimum dan keberangkatan tidak dapat dilakukan kecuali terdapat perbedaan waktu G diantara kedatangan yang berurutan. Oleh karena itu dapat ditulis (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 508)

$$G = T_2 - T_1 > 0$$

Tetapi kita tahu bahwa

$$T_1 = T_i + R_i$$

⁵ Horonjeff, R., McKelvey, F., Sproule, W., & Young, S. (2010). *Planning and Design of Airports, Fifth Edition*. Chapter 12 Page 507

Dan

$$T_2 = T_j + \frac{\delta_d}{V_j}$$

Maka dapat ditulis:

$$T_2 - T_1 > \left(T_j + \frac{\delta_d}{V_j} \right) - (T_i + R_i) > 0$$

Atau untuk melakukan satu keberangkatan diantara dua kedatangan yang berurutan, didapat

$$T_j - i > R_i + \frac{\delta_d}{V_j}$$

Waktu antar kedatangan rata-rata yang dibutuhkan $E[T_d]$ untuk melakukan n keberangkatan diantara dua kedatangan diberikan oleh persamaan 2.13

$$E[T_{ij}] > E[R_{ij}] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + (n-1)E[t_d] \quad (2.13)$$

Dimana

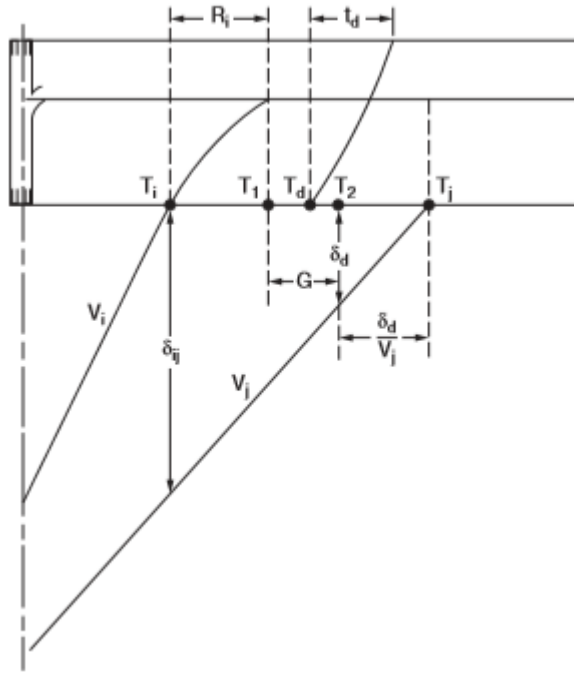
$E[T_{ij}]$ waktu dimana pesawat yang ada di depan (i) dan yang ada di belakang (j), melewati ambang kedatangan

$E[R_i]$ waktu pemakaian *runway* untuk suatu kedatangan.

δ_d pemisah minimum di antara kedatangan

V_j kecepatan pada saat mendekati landasan dari pesawat di belakang dari kelas j

$E[t_d]$ waktu yang dibutuhkan untuk keberangkatan



Gambar 2.5 Diagram Waktu-Jarak untuk Jarak antar Kedatangan Operasi Campuran Diperhitungkan
(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Harus diingat bahwa suku terakhir dalam persamaan (2.13) adalah nol apabila hanya satu keberangkatan yang akan disisipkan diantara dua kedatangan. Suatu factor kesalahan σ_{GQ1} dapat ditambahkan pada persamaan diatas untuk memperhitungkan pelanggaran terhadap perbedaan jarak.

Kapasitas *runway* pada operasi campuran diberikan pada persamaan 2.14 (PLANNING & DESIGN OF AIRPORTS CHAPTER 12 HAL 509) berikut :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d p_{nd}) \quad (2.14)$$

Dimana :

C_m kapasitas *runway* untuk operasi campuran

$E(\Delta T_y)$ nilai waktu antar kedatangan

n_d jumlah kedatangan yang dapat dilakukan diantara dua kedatangan

P_{nd} probabilitas jumlah keberangkatan n_d dapat dilakukan

2.3 Perencanaan Exit Taxiway (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Perencanaan *exit taxiway* pada suatu bandara sangat penting bagi sistem suatu *runway*. Oleh karena itu berdasarkan (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010) , *runway* dan *exit taxiway* diatur sedemikian rupa, sehingga mampu mengatasi pergerakan maksimum yang terjadi dalam kondisi peak hour, menghasilkan seminimal mungkin hambatan dan delay pada saat proses *landing*, *taxiing* dan *takeoff*, serta menyediakan *taxiway* yang memadai, sehingga pesawat *landing* dapat meninggalkan *runway* secepat mungkin, dan sedapat mungkin menuju daerah terminal.

Lokasi *exit taxiway* pada *runway* diatur sedemikian rupa sehingga pesawat yang *landing* secepat mungkin dapat meninggalkan *runway*. Sehingga tingkat penerimaan *runway* mendekati sistem *exit taxiway*. Hal ini dapat terjadi bila perencanaan *exit taxiway* memenuhi beberapa factor yaitu :

- Jumlah exit taxiway
Jumlah exit taxiway yang dibuat menentukan letaknya. Jika dibuat hanya dua buah, pada umumnya lokasinya di kedua ujung *runway*. Tetapi jika dibuat lebih banyak lagi, maka harus dibagi sepanjang *runway*.
- Kecepatan keluar *runway*
Kecepatan maksimum pesawat dapat membelok dan memasuki exit taxiway untuk tiap pesawat terbatas. Pesawat memerlukan panjang *runway* tertentu, untuk mengurangi kecepatannya dari kecepatan landing ke kecepatan membelok.
- Jenis pesawat

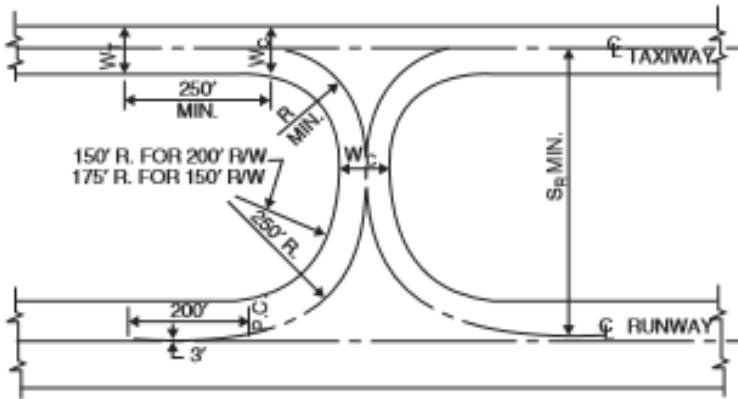
Pesawat yang berbeda akan landing pada kecepatan yang berbeda [ula. Oleh Karena itu, jarak yang diperlukan oleh pesawat yang berbeda untuk mengurangi kecepatannya sampai membelok juga bermacam-macam.

- Kondisi cuaca
Angin, suhu, adanya kabut dan lainnya berpengaruh pada kecepatan landing pesawat. Hal ini juga berpengaruh pada jarak yang diperlukan pesawat untuk mengurangi kecepatan.
- Kondisi topografi
Makin tinggi daerahnya, akan mengurangi pandangan yang dapat mempengaruhi kecepatan landing. Halangan pada approach zone dapat juga mempengaruhi kecepatan landing.
- Sifat pilot
Ada peraturan yang ketat untuk landing bagi pesawat angkut. Sifat pilot yang berbeda akan membedakan jarak antara threshold dengan touchdown point dan pengereman pesawat. Jadi perbedaan ini perlu dipertimbangkan juga dalam penentuan lokasi exit taxiway.

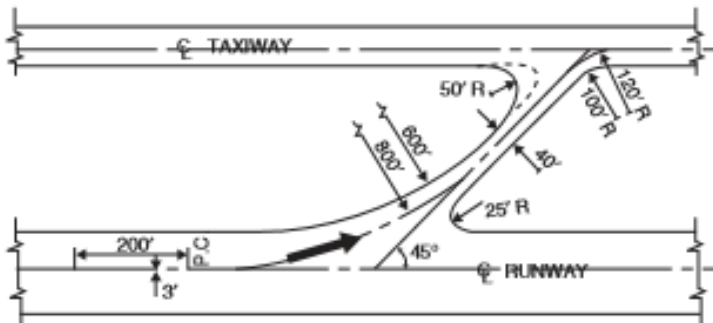
2.3.1 Jenis-jenis exit taxiway

Jenis-jenis *exit* taxiway berdasarkan dari kecepatan suatu pesawat melewati *exit* taxiway tersebut, bila kecepatan suatu pesawat sangat rendah maka *exit* taxiway yang cocok adalah menggunakan sudut siku. Sedangkan *rapid exit* taxiway dengan sudut sudut 30° atau 45° (*high speed exit taxiway*) biasanya digunakan untuk kecepatan tinggi.

Pemilihan jenis exit taxiway yang sesuai dapat berdampak kepada waktu pemakaian *runway* dan secara otomatis dapat meningkatkan juga kapasitas suatu *runway*. Selain itu manfaat yang dapat diambil adalah pesawat yang akan lepas landas dapat ditempatkan diantar dua pesawat berurutan yang akan mendarat. Layout berbagaia macam sudut keluar exit taxiway bisa dilihat pada gambar 2.6 dan 2.7.



Gambar 2.6 *Exit Taxiway Bersudut Siku*
(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)



Gambar 2.7 *Rapid Exit Taxiway*
(Sumber: Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

2.3.2 Perhitungan lokasi exit taxiway

Jarak dari touchdown ke lokasi exit taxiway ideal dapat dihitung dengan persamaan 2.19 (Ashford & Wright, 1984) :

$$D_2 = \frac{(V_{td})^2 - (V_e)^2}{2a} \quad (2.19)$$

Dimana;

D_2 jarak exit taxiway dari titik touchdown

V_{td} kecepatan touchdown di *runway* (m/dt)

V_e kecepatan awal keluar *runway* (m/dt)

α perlambatan(m/dt²)

Jarak dari ujung *runway* hingga pesawat mencapai kecepatan keLuar di exit taxiway diberikan pada persamaan 2.20

$$S = D_1 + D_2$$

$$S = \left[\frac{(V_{ot})^2 - (V_{td})^2}{2a_1} \right] + \left[\frac{(V_{td})^2 - (V_e)^2}{2a_2} \right] \quad (2.20)$$

Dimana :

S jarak dari ujung *runway* ke exit taxiway(m)

D_1 jarak dari ujung *runway* ke titik touchdown(m)

D_3 jarak exit taxiway dari touchdown (m)

V_{ot} kecepatan pendaratan pesawat (m/dt)

V_{td} kecepatan touchdown di*runway* (m/dt)

V_e kecepatan awal keluar *runway* (m/dt)

α_1 perlambatan diudara (m/dt²)

α_2 perlambatan didarat (m/dt²)

2.4 Persyaratan Jarak antar *Exit Taxiway*

Penentuan jarak minimum antar *exit taxiway* telah diatur dalam Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Udara Nomor : SKEP / 77 / VI / 2005. Dalam peraturan ini telah dijelaskan penentuan jarak antar *exit taxiway* tahapan awal dalam penentua jarak yaitu penggolongan tipe pesawat terbang. Penggolongan pesawat terbang berdasarkan SKEP/77/VI/2005 tabel 2.1, secara lebih jelas penggolongan dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Pengelompokan Bandara Udara dan Golongan Pesawat Berdasarkan Kode Referensi Bandara Udara

Kelompok Bandar Udara	Kode Angka	ARFL (Aeroplane reference field length)	Kode Huruf	Bentang sayap
A (Unattended)	1	$\leq 800 \text{ m}$	A	$\leq 15 \text{ m}$
B (AVIS)	2	$800 \text{ m} \leq P \leq 1200 \text{ m}$	B	$15 \text{ m} \leq l \leq 24 \text{ m}$
C (ADC)	3	$1200 \text{ m} \leq P \leq 1800 \text{ m}$	C	$24 \text{ m} \leq l \leq 36 \text{ m}$
	4	$\geq 1800 \text{ m}$	D	$36 \text{ m} \leq l \leq 52 \text{ m}$
			E	$52 \text{ m} \leq l \leq 65 \text{ m}$
			F	$65 \text{ m} \leq l \leq 80 \text{ m}$

Sumber: SKEP / 77 / VI / 2005

Dari tabel diatas digunakan sebagai acuan penentuan kode golongan setelah didapat untuk menentukan jarak minimum antar *exit taxiway* melihat tabel 2.2 .

Tabel 2.2 Jarak Antara *Exit Taxiway*

Code leter /Penggolongan Pesawat	Garis Tengah Taxiway pada Garis Tengah Taxiway (m)	Garis Tengah Taxiway pada Suatu Obyek Tetap (m)	Pesawat Udara yang berada di garis tengah Taxiway dengan obyek tetap (m)
A / I	23,75	16,25	12
B / II	33,5	21,5	16,5
C / III	44	26	24,5
D / IV	66,5	40,5	36
E / V	80	47,5	42,5
F / VI	97,5	57,5	50,5

Sumber: SKEP / 77 / VI / 2005

2.5 Clearance Time (Horonjeff, McKelvey, Sproule, & Young, 2010)

Clearance time merupakan waktu dari pemakaian *runway* hingga pesawat mengosongkan *runway* sehingga *runway* aman untuk digunakan untuk kegiatan penerbangan. Berikut adalah kondisi paling kritis ketika adalah minimal 2 pesawat melakukan antrian menurut DOC. 4444-RAC/501/12 International Civil Aviation Organization (ICAO), 1985 :

Clearance time takeoff – takeoff = 2 menit

Clearance time takeoff-landing = 2 menit

Clearance time landing-landing = CT menit

Clearance landing-takeoff = CT menit

Catatan : CT takeoff 2 menit mengacu pada DOC 4444.RAC/501/12 ICAO, untuk *runway* tunggal dengan posisi antrian saat takeoff berurutan pada satu garis lurus dan elevasi yang sama.

Clearance time CT menit adalah dihitung dengan persamaan 2.21 berikut (Horonjeff & McKelvey, 1994)

$$CT = \frac{V_{ot} - V_{td}}{a_1} + 3 + \frac{V_{td} - V_e}{a_2} + t \quad (2.21)$$

Dimana :

CT waktu pemakaian *runway* (dt)

V_{ot} kecepatan pesawat saat melewati ujung *runway* (ft/dt)

V_{td} kecepatan touchdown (ft/dt)

V_e kecepatan keluar *exit taxiway* (ft/dt)

t waktu membelok dari *runway* setelah kecepatan keluar *exit taxiway* tercapai (dt)

a_1 perlambatan rata-rata di udara (ft/dt²)

a_2 perlambatan rata-rata di darat (m/dt²)

3 waktu yang dibutuhkan bagi roda depan pesawat untuk menyentuh *runway* (dt)

2.6 Prosedur Takeoff dan Landing (Doc. 4444-RAC/501/12 international Civil Aviation Organization (ICAO), 1985)

2.6.1 Pertemuan penumpang dengan pesawat (*Flight Interface*)

Pertemuan penumpang dengan pesawat tentunya dipengaruhi oleh berbagai kondisi dan keadaan. Namun semua kondisi ini diatur agar memperlancar kegiatan penerbangan dan tidak mengganggu jadwal penerbangan serta tetap sesuai dengan standart keselamatan penerbangan.

Keberangkatan pesawat mungkin saja dipercepat karena dorongan arah takeoff yang berlawanan arah angin. Ini merupakan tanggungjawab pilot untuk memutuskan apakah akan segera takeoff atau menunggu hingga saat normal.

Jika keberangkatan ditunda untuk menghindari berlebihnya holding pada bandara tujuan, kemudian pesawat harus dinormalkan berdasarkan perkiraan waktu keberangkatan, kecuali jika penyimpangan ini dapat digunakan untuk memudahkan memaksimalkan keberangkatan dengan rata-rata delay kecil.

Unit control lalulintas udara seharusnya memberitahu operator pesawat atau perwakilan untuk mengantisipasi kondisi delay. Delay ini menjadi hal yang sangat penting jika melebihi 30 menit (DOC. 4444-RAC/501/12 ICAO,1985)

2.6.2 Prosedur umum kedatangan pesawat

Pada prosedur kedatangan pesawat jika terjadi keterlambatan yang diakibatkan oleh kedatangan pesawat, operator atau perwakilan yang ditunjuk akan diberitahu tentang adanya perubahan dalam memperkirakan delay, agar dapat merencanakan aktivitas pengalihan sejauh mungkin dapat dilakukan.

Pesawat yang datang diminta untuk melapor ketika melewati titik pelaporan atau memulai prosedur memutar untuk

menyediakan informasi lain yang diperlukan pengontrolan untuk mempercepat keberangkatan pesawat.

2.6.3 Tenggang waktu antara dua pesawat takeoff

Tenggang waktu satu menit dapat diaplikasikan jika track keberangkatan minimum 45° . Model ini dapat dilakukan jika menggunakan *runway parallel* seperti pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Waktu Minimum Keberangkatan Pesawat
(Sumber: DOC, 4444-RAC/501/12 ICAO, 1985)

Tenggang waktu dua menit antar takeoff digunakan bila kecepatan pesawat terdahulu 74 km/h atau 40 kt, atau lebih dan kedua pesawat dapat melewati track yang sama seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Waktu Minimum Keberangkatan Pesawat
(Sumber: DOC, 4444-RAC/501/12 ICAO, 1985)

Tenggang waktu lima menit jika pesawat kedua mengikuti arah gerak pesawat yang pertama namun dengan ketinggian jelajah yang berbeda, seperti pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Waktu Minimum keberangkatan Pesawat
(Sumber: DOC, 4444-RAC/501/12 ICAO, 1985)

2.7 Metode Perhitungan Jam Puncak (Pignataro, 1973)

Perhitungan volume jam puncak dalam tugas akhir ini diperlukan mengetahui tingkat pergerakan maksimum pemakaian *runway* pada kondisi peak hour dan juga sebagai dasar acuan kondisi paling maksimum pemakaian *runway*.

Rasio jumlah pergerakan pesawat pada hari puncak terhadap jumlah pergerakan pesawat bulan puncak adalah pada persamaan 2.23 (Pignataro, 1973) ;

$$R_{day} = \frac{N_{day}}{N_{month}} \quad (2.23)$$

Dimana :

R_{day} peak day ratio

N_{mont} jumlah pergerakan total pesawat di *runway* saat bulan puncak

N_{day} jumlah pergerakan total pesawat di *runway* dalam satu hari

Untuk memperkirakan jumlah pergerakan pesawat tahun rencana untuk kondisi peak hour adalah dengan langsung mengalikan R dengan peramalan jumlah pergerakan harian rata-rata pada bulan puncak tahun rencana.

2.8 Metode Peramalan Lalu Lintas Udara

Untuk melakukan peramalan lalu lintas udara terdapat beberapa metode yang dapat digunakan. Metode-metode yang ada ini cukup bervariasi mulai dari metode perkiraan yang sederhana hingga metoden analisa matematis yang lebih rumit. Pemilihan metode bergantung pada : fungsi penggunaan peramalan, tersedianya data yang diperlukan, kecanggihan teknik yang digunakan, tersedianya dana, waktu peramalan, dan derajat ketepatan yang dikehendaki. Dari sekian banyak metode dipilih lah satu metode regresi linier untuk meramalkan pertumbuhan lalu lintas udara pada masa depan

2.8.1 Model Analisa Regresi Linier (Tamin, 2000)

Metode ini dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan saat ini (*existing*) dan peramalan pertumbuhan lalu lintas udara yang akan datang. Metode ini juga dapat memodelkan hubungan antara 2 peubah atau lebih. Pada model ini terdapat peubah tidak bebas (y) yang mempunyai hubungan fungsional dengan 1 atau lebih peubah bebas (x_1). Dalam kasus yang paling sederhana, hubungan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan 2.25 berikut (Tamin, 2000) :

$$Y = A + Bx \quad (2.25)$$

Dimana :

Y peubah tidak bebas
 X peubah bebas
 A intersep atau konstanta regresi
 B koefisien regresi

Parameter A dan B diperkirakan dengan menggunakan metode kuadrat terkecil yang meminimumkan selisih kuadrat total antara hasil pengamatan. Nilai parameter A dan B bisa didapatkan dari persamaan 2.26.

$$B = \frac{N \sum_i (x_i y_i) - \sum_i (x_i) \sum_i (y_i)}{N \sum_i (x_i^2) - (\sum_i (y_i))^2} \quad (2.26)$$

$$A = Y - Bx$$

N = jumlah data dalam bilangan bulat positif 1, 2, 3,,
 n

Koefisien determinasi (R^2) didefinisikan sebagai nisbah antara variasi terdefinisi dengan variasi total pada persamaan 2.27 :

$$R^2 = \frac{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}{\sum_i (y_i - \bar{y})^2} \quad (2.27)$$

Koefisien ini mempunyai batas limit sama dengan satu (*perfect explanation*) dan nol (*no explanation*). Nilai antara kedua batas limit ini ditafsirkan sebagai prosentasi total variasi yang dijelaskan untuk analisa regresi linier.

BAB III METODOLOGI

3.1 Umum

Inti dari metodologi adalah menguraikan bagaimana tata cara penelitian ini dilakukan. Pemilihan metode yang tepat sesuai dengan tujuan penelitian, sangat berpengaruh pada cara – cara memperoleh data. Pengumpulan data harus dapat memenuhi tujuan dalam penelitian, dalam pengumpulanpun data terdapat berbagai faktor yang mempengaruhi anantara lain nya adalah keterbatasan waktu serta biaya. Namun hal ini diusahakan agar tidak mempengaruhi pencapaian tujuan penelitian.

3.2 Survey Pendahuluan

Penyusunan tugas akhir ini diawali dengan survey pendahuluan ke lokasi studi yaitu Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta. Tujuannya untuk mengajukan perizinan data serta izin survey dalam pengambilan data primer.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan membaca, mengambil kesimpulan/intisari dari buku-buku dan referensi yang berhubungan langsung dengan isi Tugas Akhir ini, dan setelah di dapat kesimpulnya penulis asistensikan kepada dosen pembimbing dengan tujuan meminta pendapat serta koreksi apabila ada yang belum tercantumkan. Referensi yang dibutuhkan dalam Tugas Akhir ini yaitu :

- Formulasi kapasitas *runway* menggunakan konsep jarak – waktu
- Perencanaan *Exit Taxiway*
- *Clearance Time*
- Prosedur *Takeoff* dan *Landing*

3.4 Pengumpulan Data

3.4.1 Data primer

Dalam pengumpulan data primer ini, akan dilakukan pencatatan variasi waktu pemakaian *runway* (*runway occupancy time*), distribusi pemakaian *exit taxiway*, tipe pesawat, arah pendaratan di *runway*, dan kecepatan mendarat (*approach speed*) pada saat jam puncak di Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta.

Waktu pemakaian *runway* diamati pada saat pesawat mulai melewati ambang *runway* sampai keluar melalui *exit taxiway*. Waktu pemakaian *runway* tersebut dihitung menggunakan stopwatch dan dicatat pada lembar survey. Distribusi pemakaian *exit taxiway* dilakukan dengan melihat langsung lokasi *exit taxiway* yang dipakai oleh pesawat ketika keluar dari *runway*. Sementara arah pendaratan, tipe, dan kecepatan masing-masing pesawat dapat dilakukan dengan melihat radar pemantau yang ada di Menara ATC (*Air Traffic Controller*) bila pada data ini penulis tidak bisa berada di menara ATC maka penulis menggunakan software bantu Flightradar24 yang dapat melihat kecepatan masing-masing pesawat dan tipe dari pesawat serta tetap melihat secara langsung untuk arah pendaratan pesawat.

Tabel survey pencatatan data primer bisa dilihat pada tabel di lembar selanjutnya :

FORM SURVEY

Hari/Tangga :

Periode :

Waktu :

Surveyor :

Lokasi :

No	Actual Time Jam : Menit	Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	T/L	Waktu Pemakaian <i>Runway</i> (detik)	Kecepatan Mendarat	Exit taxiway ke- Khusus mendarat	Cuaca
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Gambar 3.1 *Form Survey Data Primer*

Keterangan :

- Kolom 1 : nomor urut pergerakan
- Kolom 2 : actual time (jam dan menit)
Waktu pesawat mulai bergerak untuk *takeoff* atau pesawat mulai *touchdown* untuk *Landing*.
- Kolom 3 : maskapai penerbangan
Data ini perlu dicatat untuk mengetahui tipe pesawat yang digunakan.
- Kolom 4 : tipe pesawat
Tipe pesawat yang dituliskan disini adalah tipe pesawat yang melakukan *landing* dan *takeoff* pada saat pengamatan. Tipe pesawat ini dapat diketahui dari jadwal penerbangan maskapai.
- Kolom 5 : *takeoff* (T) dan *landing* (L)
- Kolom 6 : *clearance time* (detik)
Takeoff-takeoff : selisih waktu saat pesawat pertama dan kedua mulai bergerak di *runway* untuk *takeoff*.
Takeoff-tunggal : 120 detik
Landing : waktu pesawat *landing* melewati ujung *runway* hingga berada di *exit taxiway*
- Kolom 7 : kecepatan pesawat saat mendarat *landing*
- Kolom 8 : *exit taxiway* yang dilewati pesawat (khusus *landing*)
- Kolom 9 : cuaca
Surveyor mengisi data pada kolom ini berdasarkan berikut :
C = cerah
M = mendung
G = gerimis
A = berawan

3.4.2 Data Sekunder

Data-data sekunder diperoleh dari PT. Angkasa Pura II (Persero) Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta, meliputi :

- Tipe pesawat dan karakteristiknya yang akan dioperasikan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta meliputi data-data antara lain : kecepatan keluar ke *exit taxiway*, jarak jelajah, dan kebutuhan bahan bakar, dan kemampuan deselerasi pesawat.
- *Layout* Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta.
- Geometri *runway* dan *exit taxiway* (termasuk jarak dari masing-masing ujung *runway*).
- Volume lalu lintas udara total dan jumlah pergerakan pesawat pada jam puncak pada hari puncak.
- Jadwal penerbangan di Bandara Internasional Soekarno-Hatta Jakarta.

3.5 Kompilasi Data

3.5.1 Data primer

Dalam pengambilan data primer akan dilakukan survey di menarat ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta untuk mencatat variasi pemakaian *runway* (*runway occupancy time*), distribusi pemakaian *exit taxiway*, tipe pesawat, arah pendaratan di *runway*, dan kecepatan mendarat (*approach speed*).

3.5.2 Data sekunder

Data sekunder yang dianalisa adalah volume lalu lintas udara berdasarkan data dari Bandara Internasional Soekarno-Hatta, untuk menentukan jumlah pesawat pada *peak hour* bulan puncak.

3.6 Menghitung Kapasitas *Runway* Saat Ini

Langkah awal evaluasi kinerja *runway* adalah dengan menghitung waktu pelayanan rata-rata pesawat berdasarkan kecepatan mendarat pesawat (*approach speed*) dan jarak pemisah minimum. Perhitungan kapasitas *runway* meliputi konfigurasi

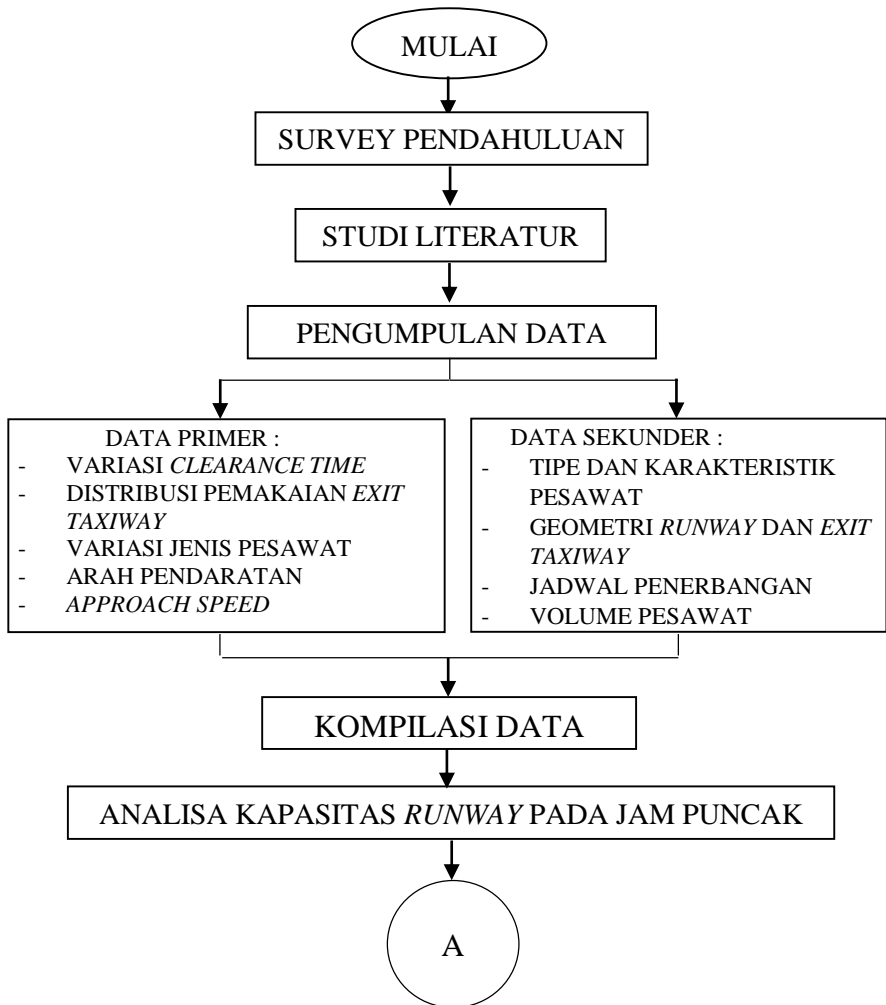
campuran pesawat dalam suatu jam puncak. Analisa menggunakan data *real* dari pesawat yang beroperasi (teoritis) dan akan dibandingkan dengan hasil pengamatan pada saat *peak*.

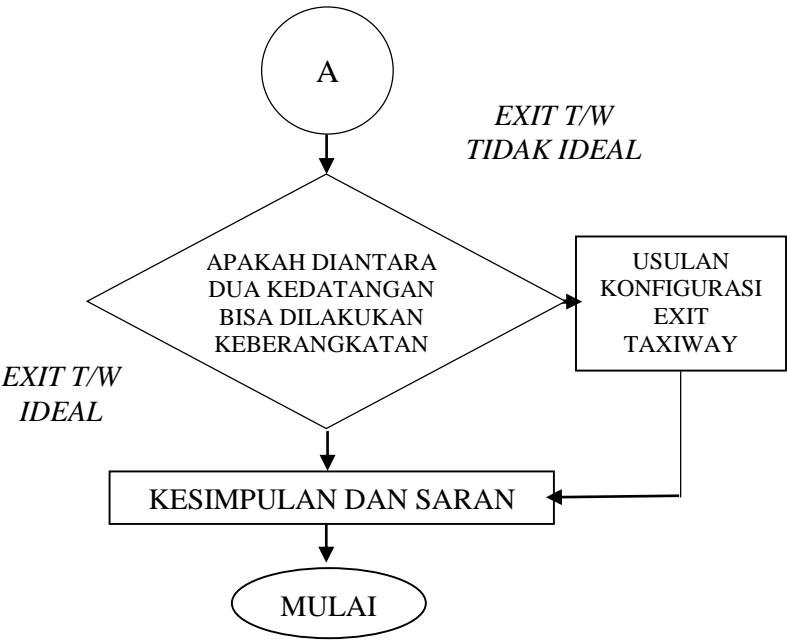
Salah satu faktor yang berpengaruh dalam analisa tersebut yaitu waktu pemakaian *runway*. Dari perhitungan tersebut dapat diketahui apakah di antara dua kedatangan bisa dilakukan operasi keberangkatan. Apabila suatu keberangkatan bisa dilakukan, maka lokasi *exit taxiway* di bandara tersebut bisa dikatakan ideal. Apabila belum ideal, akan dilakukan perencanaan penambahan atau perubahan *exit taxiway* berjarak n meter dari ujung *runway*.

3.7 Usulan Konfigurasi *Exit Taxiway*

Perencanaan ini berdasarkan pada kemampuan tipe jenis pesawat untuk cepat keluar dari *runway*.

Gambar lebih lengkap untuk metode pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini :





Gambar 3.2 Diagram Alir Metodologi Perhitungan Tugas Akhir

BAB IV

DATA PERHITUNGAN

Di dalam Bab ini membahas mengenai data-data yang didapat dari kegiatan survey di Bandara Internasional Soekarno Hatta serat dilengkapi dengan data-data penunjang dari web Dinas Perhubungan dan Kantor BPS. Data-data yang didapat dalam proses pengumpulan data antara lain data primer dan sekunder. Data primer merupakan data pengamatan secara langsung di menara ATC. Data sekunder merupakan data penunjang bersumber dari PT. Angkasa Pura I (Persero), web Dinas Perhubungan serta dari Kanto BPS. Data-data yang telah didapat akan dijadikan sebagai dasar perhitungan untuk mencari peramalan pergerakan pesawat pada Bandara Internasional untuk 10 tahun kedepan, penentuan jumlah kapasitas *Runway*, dan sebagai dasar perencanaan *Exit Taxiway*. Secara lebih mendetail data-data bisa dilihat pada Sub Bab pada Bab ini.

4.1. Spesifikasi Bandara Internasional Soekarno-Hatta

Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta merupakan Bandar udara utama yang melayani penerbangan semua penerbangan baik itu domestic dan internasional. Menurut geografis bandara ini berada di kecamatan Benda, Kota Tangerang. Bandar udara yang dikelola oleh PT. Angkasa Pura II mulai beroperasi pada tahun 1985 dan memiliki luas lahan seluas 1740 Ha. Secara umum spesifikasi Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Bandara ini memiliki 2 landasan paralel yang dipisahkan oleh 2 *taxiway* sepanjang 2,4 km. Pembagian penggunaan *runway* pada bandari ini berdasarkan arah asal pesawat sehingga *runway I* tidak selalu melayani pesawat yang akan parkir di terminal 1.

Data-data spesifikasi Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta diperlukan sebagai dasar perhitungan pada bab selanjutnya. Sebagai contoh data Elevasi *runway* digunakan untuk menentukan faktor koreksi jarak *exit taxiway* dari titik *touchdown*

yang ada pada bab perencanaan *exit taxiway*. Nomer *runway* digunakan untuk mempermudah penamaan dalam membedakan *runway* yang diamati. Dimensi *runway* digunakan untuk menentukan lokasi dari sutau *exit taxiway* serta mempermudah dalam usulan *exit taxiway* bila diperlukan. Sedangkan besar sudut *exit taxiway* digunakan untuk menentukan kecepatan keluar *exit taxiway*, semakin kecil sudut dari *exit taxiway* maka semakin besar kecepatan pesawat yang dibutuhkan. Agar lebih jelas rangkuman semua spesifikasi Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta dapat dilihat pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Spesifikasi Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta

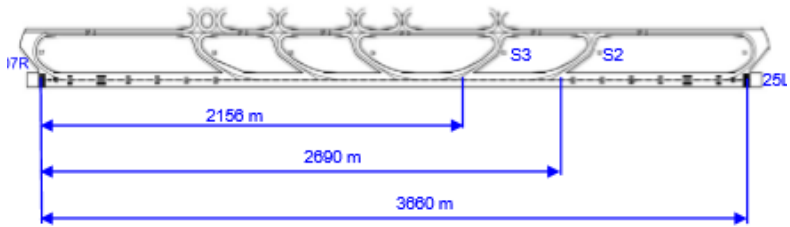
Kelas	Domestik dan Internasional
Kode ICAO / IATA	WIII / CGK
Lokasi	Kota Tangerang, banten, Indonesia
Elevasi	32 kaki (10 m)
Dimensi <i>runway</i>	3.660 x 60 m ²
Penamaan <i>runway</i>	07L/25R dan 07R/25L

Sumber : PT. Angkasa Pura I (Persero) Bandara Internasional Soekarno-Hatta

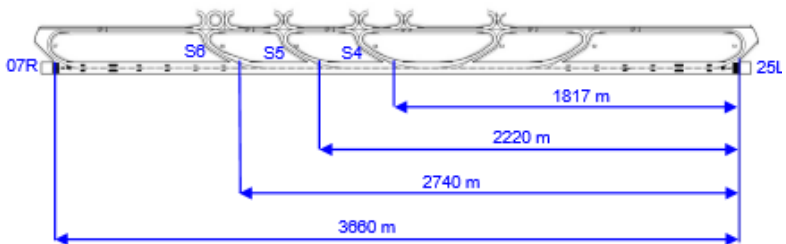
Tabel 4.2 Jarak *Exit Taxiway* dari *Ujung Runway* 07R/25L

Nomer	<i>Exit Taxiway</i>		
<i>Runway</i>	No <i>Exit T/W</i>	Jarak m	Sudut
RWY 07R	S3	2156	30
	S2	2690	30
RWY 25L	S4	1817	30
	S5	2220	30
	S6	2740	30

Sumber : JATSC Airnav



Gambar 4.1 Jarak *Exit Taxiway* dari *Ujung Runway 07R*
 Sumber : JATSC Airtav Tahun 2017



Gambar 4.2 Jarak *Exit Taxiway* dari *Ujung Runway 25L*
 Sumber : JATSC Airtav tahun 2017

4.2. Pergerakan Pesawat Terbang pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta

Pergerakan pesawat terbang dibutuhkan dalam perhitungan untuk mengetahui jumlah pergerakan yang terjadi pada kondisi *peak hour*. Data yang diambil sebagai dasar penentuan jumlah pergerakan pesawat terbang yaitu pada tanggal 14 Februari 2017 dan 15 Februari 2015. Data disajikan dengan pengelompokan per jam bertujuan untuk memudahkan dalam menghitung jumlah pergerakan per jam serta menentukan jumlah pergerakan maximum di *runway*. Jumlah pergerakan pesawat di *runway* pada kedua tanggal tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan secara lebih rinci pergerakan pesawat terbang di *runway* dapat dilihat pada lampiran

Tabel 4. 3 Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Per Jam pada Tanggal 14 Februari 2017 dan 15 Februari 2017

Pukul	14 Februari 2017			15 Februari 2017		
	<i>Arr</i>	<i>Dep</i>	Total	<i>Arr</i>	<i>Dep</i>	Total
00:00 - 0:59	17	10	27	14	5	19
1:00 - 1:59	11	16	27	12	16	28
2:00 - 2:59	15	18	33	11	10	21
3:00 - 3:59	17	17	34	16	15	31
4:00 - 4:59	12	16	28	15	13	28
5:00 - 5:59	18	15	33	12	16	28
6:00 - 6:59	13	14	27	13	11	24
7:00 - 7:59	17	8	25	14	7	21
8:00 - 8:59	16	15	31	17	19	36
9:00 - 9:59	17	11	28	18	12	30
10:00 - 10:59	23	13	36	17	12	29
11:00 - 11:59	13	12	25	13	11	24
12:00 - 12:59	16	8	24	16	9	25
13:00 - 13:59	19	5	24	21	10	31

Pukul	14 Februari 2017			15 Februari 2017		
	<i>Arr</i>	<i>Dep</i>	Total	<i>Arr</i>	<i>Dep</i>	Total
14:00 - 14:59	18	4	22	12	2	14
15:00 - 15:59	10	2	12	6	2	8
16:00 - 16:59	0	0	0	3	0	3
17:00 - 17:59	0	7	7	3	0	3
18:00 - 18:59	0	1	1	0	0	0
19:00 - 19:59	0	0	0	0	0	0
20:00 - 20:59	0	0	0	0	1	1
21:00 - 21:59	0	5	5	0	6	6
22:00 - 22:59	0	11	11	1	15	16
23:00 - 23:59	6	13	19	7	14	21

Sumber : JATSC Airnav

Pergerakan pesawat terbang maximum untuk tanggal 14 Februari 20017 berada pada jam 10.00–10.59 dengan jumlah pergerakan 36, sedangkan untuk tanggal 15 Februari 20017 berada pada jam 08.00–08.59 dengan jumlah pergerakan 36 pesawat terbang.

4.3. Survey Data Primer

Survey data primer dilakukan dengan cara pengamatan dan pencatatan secara langsung pergerakan pesawat terbang di *runway*. Lokasi pengamatan dan pencatatan pergerakan pesawat dilakukan di dalam menara ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta dikarenakan dari lokasi ini dapat terlihat secara jelas urutan dari pergerakan pesawat terbang yang akan *landing* dan *take off* serta berbagai data yang dibutuhkan antara lain *actual time*, nama maskapai, tipe pesawat, *approach speed*, arah pergerakan pesawat serta distribusi pemakaian *runway*. Data yang paling penting dalam survey ini adalah waktu pemakaian *runway* dan *approach speed*. Dua data ini diperlukan sebagai dasar perhitungan kapasitas *runway* pada Bab VI. Secara lebih rinci hasil survey dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Survey Data Primer untuk Kedatangan Tanggal 15 Februari 2017

Hari / Tnggl : Rabu / 15 Februari 2017

Periode

Waktu : 10.00 - 10.59

Surveyor : Wahyu Dwi Prasetya

Lokasi : Menara ATC Bandara Internasional Soekarno -Hatta

Kedatangan / Arrival											
No	Waktu		Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kategori Pesawat	Arr / Dep	No. Runway	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Approach Speed (Knot)	Exit taxiway ke -	Cuacah
	UTC	LT									
1	10.00	17.00	GIA643	B738	D	Arr	25L	60	147	2	C
2	10.04	17.04	CTV871	A322	C	Arr	25L	65	133	2	C
3	10.06	17.06	AWQ7531	A320	C	Arr	25L	68	129	1	C
4	10.09	17.09	SJY273	B738	D	Arr	25L	69	152	2	C
5	10.10	17.10	GIA569	B738	D	Arr	25L	70	147	2	C
6	10.12	17.12	SJY053	B738	D	Arr	25L	68	147	2	C
7	10.15	17.15	LNI779	B739	D	Arr	25L	68	145	1	C
8	10.19	17.19	BTK6513	B739	D	Arr	25L	68	153	2	C

Kedatangan / Arrival											
No	Waktu		Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kategori Pesawat	Arr / Dep	No. Runway	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Approach Speed (Knot)	Exit taxiway ke -	Cuacah
	UTC	LT									
9	10.21	17.21	CTV9744	A320	C	Arr	25L	65	131	2	C
10	10.23	17.23	BTK6285	A320	C	Arr	25L	64	130	2	C
11	10.25	17.25	LNI715	B738	D	Arr	25L	60	145	1	C
12	10.28	17.28	GIA213	B738	D	Arr	25L	60	147	2	C
13	10.29	17.29	BTK6273	A320	C	Arr	25L	68	133	2	C
14	10.32	17.32	GIA243	B738	D	Arr	25L	70	145	2	C
15	10.35	17.35	LNI749	B739	D	Arr	25L	70	148	2	C
16	10.38	17.38	LNI379	B739	D	Arr	25L	70	150	2	C
17	10.40	17.40	LNI347	B739	D	Arr	25L	69	147	1	C
18	10.43	17.43	THA435	B788	D	Arr	25L	69	153	2	C
19	10.45	17.45	LNI517	B739	D	Arr	25L	65	153	2	C
20	10.47	17.47	GIA321	B738	D	Arr	25L	60	148	2	C
21	10.50	17.50	LNI765	B739	D	Arr	25L	68	150	2	C

Tabel 4. 5 Hasil Survey Data Primer untuk Keberangkatan Tanggal 15 Februari 2017

Hari / Tnggl : Rabu / 15 Februari 2017
 Periode
 Waktu : 10.00 - 10.59
 Surveyor : Wahyu Dwi Prasetia
 Menara ATC Bandara Internasional Soekarno -
 Lokasi : Hatta

Keberangkatan / Departure											
No	Waktu		Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kategori Pesawat	Arr / Dep	No. Runway	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Approach Speed (Knot)	Exit taxiway ke -	Cuacah
	UTC	LT									
1	10.02	17.02	LNI342	B738	D	Dep	25L				C
2	10.07	17.07	BTK6516	B738	D	Dep	25L				C
3	10.10	17.10	LNI608	B739	D	Dep	25L				C
4	10.13	17.13	BTK6850	B739	D	Dep	25L				C
5	10.17	17.17	CTV901	A320	C	Dep	25L				C
6	10.26	17.26	JSA204	A320	C	Dep	25L				C

Keberangkatan / Departure											
No	Waktu		Maskapai	Tipe	Kategori	Arr /	No.	Waktu Pemakaian	Approach	Exit	Cuacah
	UTC	LT	Penerbangan	Pesawat	Pesawat	Dep	Runway	Runway (detik)	Speed (Knot)	taxiway ke -	
7	10.31	17.3	CTV966	A320	C	Dep	25L				C
8	10.34	17.3	LNI240	B738	D	Dep	25L				C
9	10.37	17.4	CTV844	A320	C	Dep	25L				C
10	10.44	17.4	LNI514	B739	D	Dep	25L				C
11	10.49	17.5	LNI396	B739	D	Dep	25L				C
12	10.52	17.5	LNI686	B738	D	Dep	25L				C
13	10.55	17.6	LNI614	B738	D	Dep	25L				C

4.4. Variasi Jenis Pesawat Beserta Spesifikasi

Variasi jenis pesawat yang beroperasi pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang beroperasi per tahun 2014 dapat dilihat pada tabel 4. 6. Data ini bersumber dari dokumen yang didapat dari menara JATSC AirNav bandara Internasional Soekarno-Hatta. Namun jenis pesawat yang dilayani pada bandara ini tidak hanya yang tercantum pada tabel tersebut, tetapi juga dapat melayani pesawat terbang dengan berat dan *landing distance* dibawah standart maximum pesawat yang dilayani pada bandara ini.

Tabel 4. 6 Jenis Pesawat Terbang yang Beroperasi di Bandara Internasional Soekarno-Hatta sampai 2014

No	TIPE	Keterangan
1	A 320	Airbus 320 - 100/200
2	A330	Airbus 330 - 200
3	A340	Airbus 340
4	B 737 Series	Boing 737 - 700
5	B 738	Boing 737 - 800
6	B739	Boing 737 - 900
7	B 747	Boing 747 All Series
8	B 777	Boing 777

Sumber : JATSC Airnav

Data diatas hanyalah sebagian kecil dari jenis pesawat yang dapat dilayani di Bandara Internasional Soekarno-Hatta, bila melihat Bandara Internasional Soekarno-Hatta yang merupakan bandara terbesar di Indonesia yang melayani penerbangan domestik dan internasional tentunya banyak jenis pesawat lagi yang dapat dilayani oleh bandara ini. Untuk mempermudah dalam pengelompokkan jenis pesawat tentunya perlu ada pengelompokkan jenis pesawat berdasarkan acuan yang baku. Bila

pada lalu lintas darat kendaraan dikelompokkan berdasarkan muatan atau golongan kendaraan. Menurut FAA, pesawat dikategorikan berdasarkan kecepatan. Kategori ini dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan Menurut FAA

Kategori	Kecepatan Pendaratan	Kecepatan <i>Touchdown</i>
A	< 90 knots (169 km)/jam)	Lihat b
B	90 knots (169 km/jam) sampai 120 knots (222 km/jam)	97 knots (180 km/jam)
C	121 knots (224 km/jam) sampai 140 knots (259 km/jam)	120 knots (222 km/jam)
D	141 knots (261 km/jam) sampai 165 knots (306 km/jam)	140 knots (259 km/jam)

Sumber : Sylvia 2004

Pengelompokkan kategori berdasarkan kecepatan menurut FAA bertujuan menghitung presentasi berdasarkan kategori yang digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas *runway* di Bab berikutnya. Hasil dari pengelompokkan berdasarkan kecepatan bisa dilihat di Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, agar mempermudah dalam melihat presentase kategori pesawat dapat dilihat pada Tabel 4. 8.

Tabel 4. 8 Presentase Kategori Pesawat Berdasarkan Kecepatan

Tipe Pesawat	Approach Speed (Knot)	Waktu Pemakaian Runway, Ri (Detik)	Campuran %	
			ARR	DEP
A	-	-	0	0
B	97	-	0	0
C	120	66.67	26%	31%
D	140	66.59	74%	69%

4.5. Pergerakan Pesawat Terbang di *Runway* pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta (Tahun 2008-2015)

Data pergerakan pesawat terbang digunakan sebagai dasar peramalan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat terbang untuk 10 tahun kedepan, maka digunakan data pergerakan pesawat terbang di *runway* pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta dari tahun 2008 sampai dengan 2015. Arus pergerakan pesawat terbang di *runway* dapat dilihat pada Tabel 4.9 sampai dengan Tabel 4. 16.

Tabel 4. 9 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2008

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	9,053	9,636	1,931	2,019	10,984	11,655	22,639
2	Februari / February	8,082	8,465	1,655	1,831	9,737	10,296	20,033
3	Maret / March	8,844	8,870	1,954	2,067	10,798	10,937	21,735
4	April / April	7,944	8,079	2,014	2,112	9,958	10,191	20,149
5	Mei / May	8,091	8,343	2,041	2,189	10,132	10,532	20,664
6	Juni / June	8,108	8,159	1,979	2,075	10,087	10,234	20,321
7	Juli / July	8,397	8,953	2,071	2,164	10,468	11,117	21,585
8	Agustus / August	8,261	8,858	2,055	2,140	10,316	10,998	21,314
9	September / September	7,273	7,752	1,955	2,037	9,228	9,789	19,017
10	Oktober / October	8,395	9,134	1,983	2,123	10,378	11,257	21,635
11	November / November	7,713	8,649	1,824	2,046	9,537	10,695	20,232
12	Desember / December	7,865	9,381	1,729	1,930	9,594	11,311	20,905
	Jumlah / Total	98,026	104,279	23,191	24,733	121,217	129,012	250,229

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2009)

Tabel 4. 10 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2009

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	9,328	9,391	1,970	2,042	11,298	11,433	22,731
2	Februari / February	8,141	8,287	1,677	1,776	9,818	10,063	19,881
3	Maret / March	9,276	9,343	1,933	1,976	11,209	11,319	22,528
4	April / April	8,778	8,942	1,994	2,086	10,772	11,028	21,800
5	Mei / May	9,308	9,407	1,971	2,000	11,279	11,407	22,686
6	Juni / June	9,445	9,527	1,918	1,967	11,363	11,494	22,857
7	Juli / July	9,790	9,909	2,024	2,045	11,814	11,954	23,768
8	Agustus / August	9,166	9,324	2,026	2,095	11,192	11,419	22,611
9	September / September	8,636	9,053	2,055	2,129	10,691	11,182	21,873
10	Oktober / October	9,921	10,142	2,094	2,148	12,015	12,290	24,305
11	November / November	9,351	9,504	2,104	2,189	11,455	11,693	23,148
12	Desember / December	9,872	10,014	2,449	2,346	12,321	12,360	24,681
	Jumlah / Total	111,012	112,843	24,215	24,799	135,227	137,642	272,869

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2010)

Tabel 4. 11 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2010

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	9,516	9,570	2,349	2,363	11,865	11,933	23,798
2	Februari / February	9,005	9,009	2,209	2,204	11,214	11,213	22,427
3	Maret / March	10,304	10,297	2,570	2,578	12,874	12,875	25,749
4	April / April	10,066	10,071	2,556	2,550	12,622	12,621	25,243
5	Mei / May	10,482	10,515	2,621	2,636	13,103	13,151	26,254
6	Juni / June	10,471	10,483	2,634	2,626	13,105	13,109	26,214
7	Juli / July	10,871	10,868	2,811	2,789	13,682	13,657	27,339
8	Agustus / August	9,757	9,713	2,736	2,736	12,493	12,449	24,942
9	September / September	10,795	10,752	2,749	2,745	13,544	13,497	27,041
10	Oktober / October	11,012	10,005	2,768	2,787	13,780	12,792	26,572
11	November / November	10,168	10,119	2,676	2,662	12,844	12,781	25,625
12	Desember / December	10,890	10,910	2,843	2,850	13,733	13,760	27,493
	Jumlah / Total	123,337	122,312	31,522	31,526	154,859	153,838	308,697

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2011)

Tabel 4. 12 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2011

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	10,996	11,076	2,692	2,677	13,688	13,753	27,441
2	Februari / February	9,783	9,840	2,385	2,403	12,168	12,243	24,411
3	Maret / March	11,056	11,122	2,741	2,757	13,797	13,879	27,676
4	April / April	10,937	10,959	2,667	2,677	13,604	13,636	27,240
5	Mei / May	11,415	11,490	2,761	2,800	14,176	14,290	28,466
6	Juni / June	11,491	11,582	2,773	2,789	14,264	14,371	28,635
7	Juli / July	12,116	12,195	2,964	2,993	15,080	15,188	30,268
8	Agustus / August	10,592	10,695	2,900	2,933	13,492	13,628	27,120
9	September / September	12,022	12,099	2,774	2,812	14,796	14,911	29,707
10	Oktober / October	12,195	12,266	2,819	3,007	15,014	15,273	30,287
11	November / November	11,603	11,743	2,795	2,802	14,398	14,545	28,943
12	Desember / December	12,234	12,292	2,884	2,945	15,118	15,237	30,355
	Jumlah / Total	136,440	137,359	33,155	33,595	169,595	170,954	340,549

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2012)

Tabel 4. 13 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2012

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan		Jumlah Penerbangan		Jumlah Penerbangan		
		Number of Flight		Number of Flight		Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	12,506	12,319	2,989	2,977	15,495	15,296	30,791
2	Februari / February	11,588	11,368	2,877	2,862	14,465	14,230	28,695
3	Maret / March	12,794	12,651	3,184	3,163	15,978	15,814	31,792
4	April / April	12,467	12,307	3,110	3,084	15,577	15,391	30,968
5	Mei / May	13,256	13,043	3,206	3,183	16,462	16,226	32,688
6	Juni / June	12,986	12,812	3,162	3,141	16,148	15,953	32,101
7	Juli / July	12,602	12,403	3,230	3,214	15,832	15,617	31,449
8	Agustus / August	12,992	12,759	3,296	3,275	16,288	16,034	32,322
9	September / September	12,925	12,749	3,070	3,048	15,995	15,797	31,792
10	Oktober / October	13,104	12,884	3,214	3,187	16,318	16,071	32,389
11	November / November	13,007	12,775	3,171	3,139	16,178	15,914	32,092
12	Desember / December	13,938	13,669	3,220	3,204	17,158	16,873	34,031
	Jumlah / Total	154,165	151,739	37,729	37,477	191,894	189,216	381,110

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2013)

Tabel 4. 14 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2013

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	13,301	13,062	3,202	3,260	16,503	16,322	32,825
2	Februari / February	11,067	10,883	3,176	3,168	14,243	14,051	28,294
3	Maret / March	12,641	12,645	3,350	3,328	15,991	15,973	31,964
4	April / April	12,662	12,500	3,282	3,215	15,944	15,715	31,659
5	Mei / May	13,511	13,270	3,375	3,370	16,886	16,640	33,526
6	Juni / June	13,969	13,716	3,335	3,321	17,304	17,037	34,341
7	Juli / July	12,890	12,613	3,411	3,385	16,301	15,998	32,299
8	Agustus / August	14,890	14,662	3,620	3,581	18,510	18,243	36,753
9	September / September	13,791	13,469	3,445	3,420	17,236	16,889	34,125
10	Oktober / October	13,731	13,459	3,625	3,612	17,356	17,071	34,427
11	November / November	13,403	13,117	3,573	3,552	16,976	16,669	33,645
12	Desember / December	13,967	13,170	3,707	3,780	17,674	16,950	34,624
	Jumlah / Total	159,823	156,566	41,101	40,992	200,924	197,558	398,482

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2014)

Tabel 4. 15 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2014

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	13,516	13,242	3,897	3,870	17,413	17,112	34,525
2	Februari / February	11,141	10,874	3,399	3,387	14,540	14,261	28,801
3	Maret / March	12,408	12,126	3,398	3,672	15,806	15,798	31,604
4	April / April	11,993	11,703	3,513	3,499	15,506	15,202	30,708
5	Mei / May	12,915	12,626	3,639	3,589	16,554	16,215	32,769
6	Juni / June	13,481	13,202	3,562	3,529	17,043	16,731	33,774
7	Juli / July	12,108	11,769	3,420	3,403	15,528	15,172	30,700
8	Agustus / August	14,240	13,940	3,527	3,514	17,767	17,454	35,221
9	September / September	12,774	12,437	3,338	3,314	16,112	15,751	31,863
10	Oktober / October	13,428	13,084	3,470	3,445	16,898	16,529	33,427
11	November / November	12,927	12,637	3,365	3,323	16,292	15,960	32,252
12	Desember / December	13,937	13,720	3,740	3,643	17,677	17,363	35,040
	Jumlah / Total	154,868	151,360	42,268	42,188	197,136	193,548	390,684

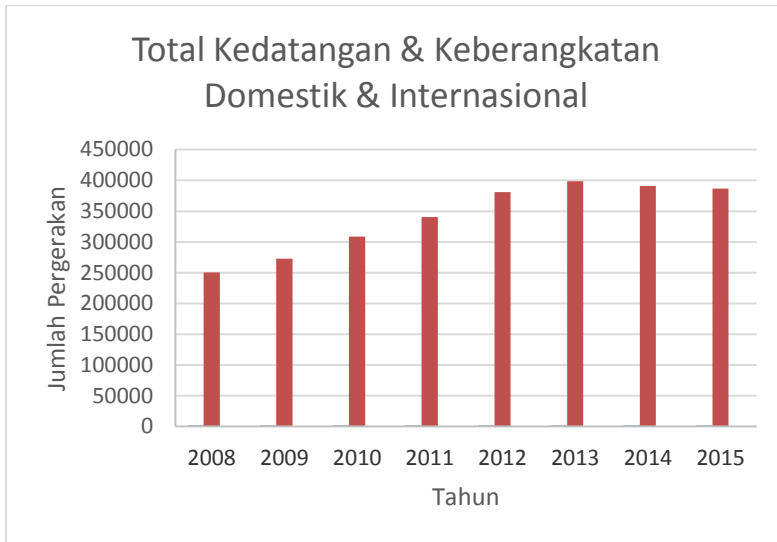
Sumber : BPS (Banten dalam angka 2015)

Tabel 4. 16 Pergerakan Pesawat Terbang Pada Tahun 2015

No	Bulan	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		Jumlah Penerbangan Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	
1	Januari / January	12,063	11,767	3,762	3,678	15,825	15,445	31,270
2	Februari / February	10,592	10,278	3,287	3,275	13,879	13,553	27,432
3	Maret / March	12,261	11,907	3,641	3,610	15,902	15,517	31,419
4	April / April	12,709	12,372	3,444	3,524	16,153	15,896	32,049
5	Mei / May	13,523	13,124	3,666	3,644	17,189	16,768	33,957
6	Juni / June	12,503	12,145	3,393	3,377	15,896	15,522	31,418
7	Juli / July	14,044	13,713	3,594	3,569	17,638	17,282	34,920
8	Agustus / August	13,759	13,417	3,553	3,526	17,312	16,943	34,255
9	September / September	11,789	11,480	3,407	3,392	15,196	14,872	30,068
10	Oktober / October	12,641	12,274	3,537	3,528	16,178	15,802	31,980
11	November / November	12,756	12,434	3,421	3,437	16,177	15,871	32,048
12	Desember / December	14,274	13,871	3,814	3,840	18,088	17,711	35,799
	Jumlah / Total	152,914	148,782	42,519	42,400	195,433	191,182	386,615

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2016)

Grafik pergerakan tiap tahun dari tahun 2008 sampai 2015 dapat dilihat pada Gambar 4.2. Dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa pada tahun 2008-2003 mengalami kenaikan, sedangkan dari tahun 2014 dan tahun 2015 semakin mengalami penurunan. Kondisi ini dikarenakan Bandara Internasional Halim Perdanakusuma dapat melayani penerbangan domestik dan internasional sehingga yang awalnya semua penerbangan terfokus ke Bandara Internasional Soekarno-Hatta sekarang terbagi.



Gambar 4.4 Grafik Pergerakan Pesawat Terbang Tiap Tahun Pada Tahun 2008-2015

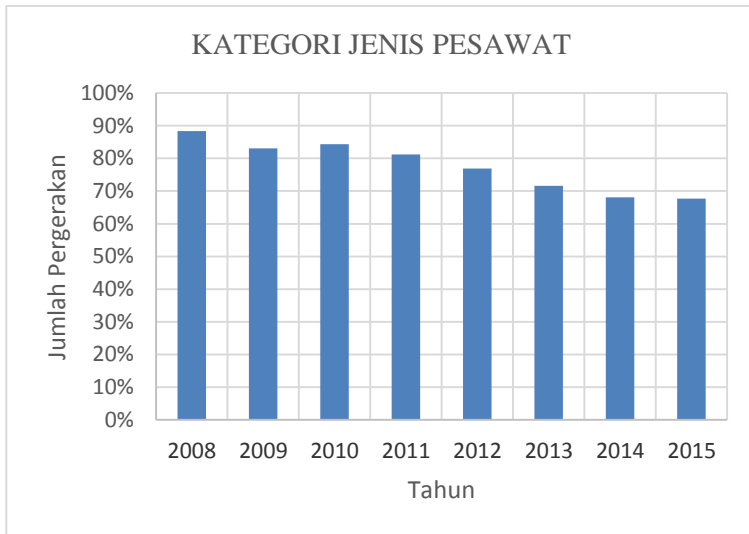
Sumber : BPS (Banten dalam angka 2009 - 2016)

Bila data diatas telah menunjukkan jumlah pergerakan pesawat terbang secara keseluruhan, maka perlu adanya presentasi pergerakan pesawat terbang di *runway* berdasarkan kategori sesuai dengan Tabel 4. 7 untuk tahun 2008–2015. Data ini digunakan sebagai dasar perhitungan kapasitas *runway* pada Bab 6. Presentasi pergerakan pesawat terbang di *runway* berdasarkan kategori pada tahun 2008-2015 dapat dilihat pada Tabel 4. 17 sedangkan untuk mempermudah melihat arus pertumbuhan tiap tahun dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Tabel 4. 17 Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori
Pada Tahun 2008-2015

Kategori	Tahun							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-
C	12%	17%	16%	19%	23%	28%	32%	32%
D	88%	83%	84%	81%	77%	72%	68%	68%

Sumber : BPS



Gambar 4.5 Grafik Presentasi Pergerakan Pesawat Terbang Tiap
Tahun Pada Tahun 2008-2015

Sumber : BPS (Statistik Transportasi 2009-2016)

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PERAMALAN PERTUMBUHAN JUMLAH PERGERAKAN PESAWAT TERBANG DI *RUNWAY*

Peramalan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat terbang sangat diperlukan dalam industri penerbangan baik bagi pengelola fasilitas bandara maupun bagi penyedia transportasi udara. Berdasarkan hasil peramalan ini baik pengelola ataupun penyedia transportasi udara dapat mengevaluasi fasilitas dan sistem yang telah ada apakah dalam rentan beberapa tahun kedepan masih dapat menampung jumlah peningkatan. Bila dari hasil evaluasi mengalami kenaikan yang membuat fasilitas dan sistem yang ada tidak dapat menampung jumlah kenaikan tersebut maka dapat dicari solusi yang terbaik guna menangani masalah tersebut.

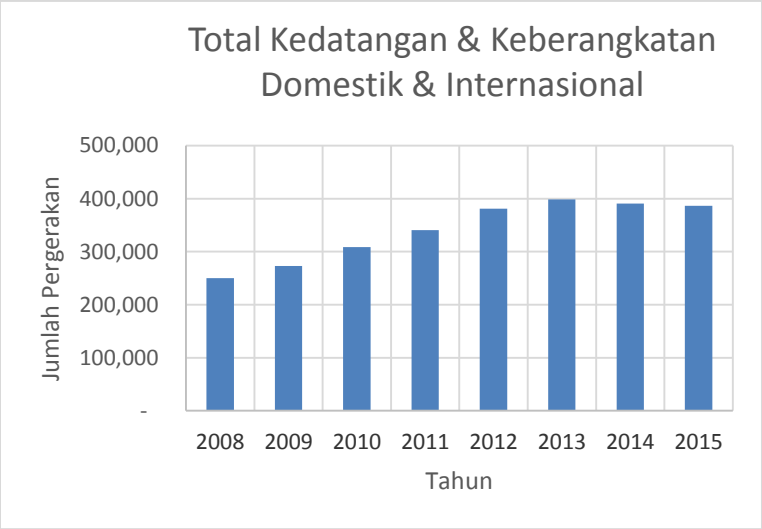
Dalam peramalan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* dibutuhkan untuk mengetahui perkiraan jumlah pergerakan pesawat terbang sampai 10 tahun kedepan pada tepat nya sampai dengan tahun 2025. Data peramalan menggunakan data 2008 sampai dengan 2015 meskipun 2014 dan 2015 mengalami penurunan. Perhitungan peramalan menggunakan analisa regresi tipe *linier* dengan program bantu *Microsoft Excel*. Pemilihan perhitungan peramalan menggunakan analisa tipe *linier* digunakan karena hasil dari peramalan lebih mendekati dibandingkan dengan analisa regresi tipe lainnya (*polynomial*, *exponensial*, dan *logaritma*).

Jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* dalam kurun waktu 8 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan untuk mempermudah melihat trend kenaikan atau penurunan nya dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Tabel 5. 1 Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Di *Runway* Bandar Udara Internasional Soekarno-Hatta

No	Tahun	Domestik		Internasional		Total		Total
		Jumlah Penerbangan		Jumlah Penerbangan		Jumlah Penerbangan		
		Number of Flight		Number of Flight		Number of Flight		
		Datang Arrival	Berangkat Departure	Datang Arrival	Berangkat Departure	Domestik	Inter	
1	2008	98,026	104,279	23,191	24,733	202,305	47,924	250,229
2	2009	111,012	112,843	24,215	24,799	223,855	49,014	272,869
3	2010	123,337	122,312	31,522	31,526	245,649	63,048	308,697
4	2011	136,440	137,359	33,155	33,595	273,799	66,750	340,549
5	2012	154,165	151,739	37,729	37,477	305,904	75,206	381,110
6	2013	159,823	156,566	41,101	40,992	316,389	82,093	398,482
7	2014	154,868	151,360	42,268	42,188	306,228	84,456	390,684
8	2015	152,914	148,782	42,519	42,400	301,696	84,919	386,615

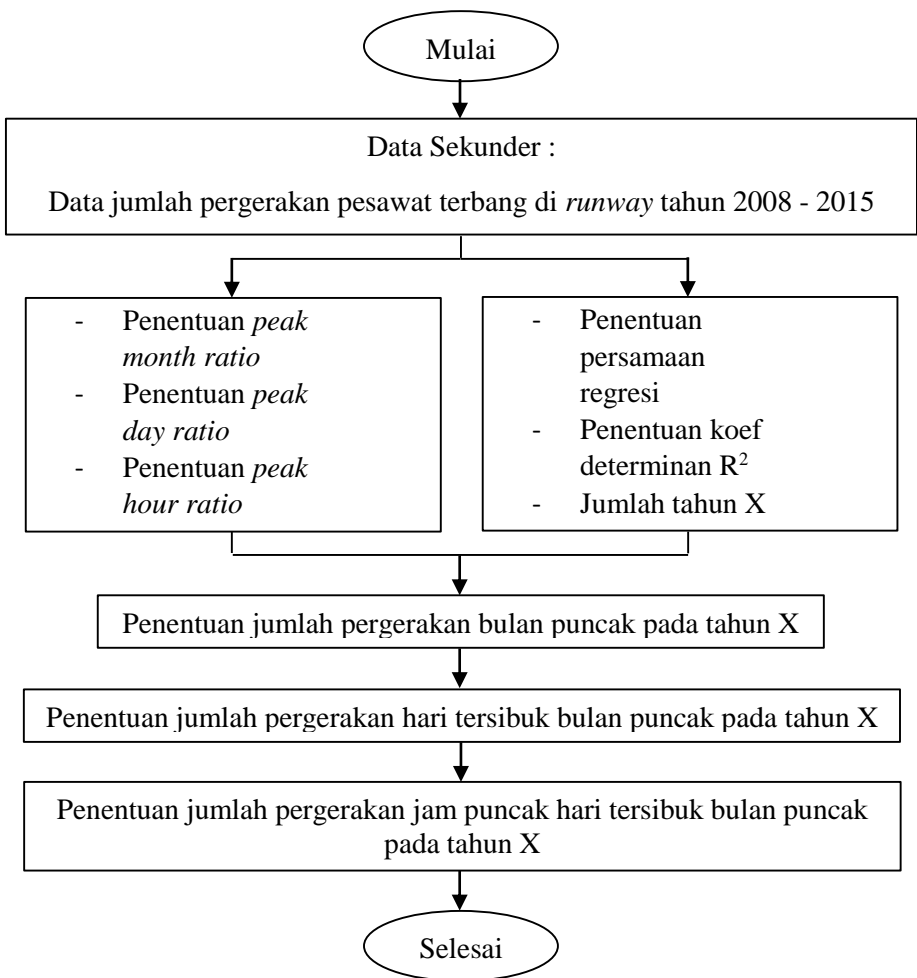
Sumber : BPS (Banten dalam angka 2009 - 2016)



Gambar 5. 1 Grafik Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Domestik dan internasional

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2009 - 2016)

Hasil rekap jumlah pergerakan pesawat terbang di runway digunakan untuk forecasting menggunakan metode peramalan yang dipilih yaitu analisa regresi tipe *linier*. Dari hasil *forecasting* dilakukan perhitungan untuk mencari jumlah pergerakan jam puncak pada tahun peramalan yang diinginkan. Untuk lebih jelas tahapan perhitungan dalam menentukan jumlah pergerakan jam puncak pada tahun peramalan dapat dilihat di Gambar 5.2.

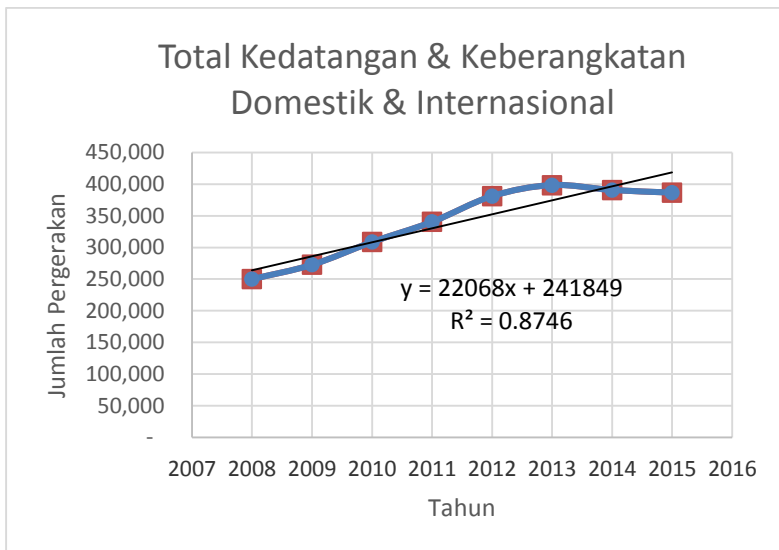


Gambar 5. 2 Diagram Alir Perhitungan Jumlah Pergerakan Jam Puncak Hari Tersibuk Bulan Puncak Pada Tahun X

Berdasarkan data jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* tahun 2008-2015 untuk jumlah keseluruhan pada satu tahun akan dilakukan peramalan dengan langkah sebagai berikut :

1. Masukkan data pergerakan pesawat terbang di *runway* tahun 2008-2015 kedalam lembar kerja pada program bantu *Microsoft Excel* seperti Tabel 5.1.
2. Membuat grafik hubungan waktu sebagai sumbu X dan sebagai sumbu Y jumlah pergerakan pesawat terbang dalam 1 tahun seperti Gambar 5.3.
3. Menampilkan persamaan regresi dan koefisien determinan pada grafik.
4. Memasukkan X tahun rencana kedalam persamaan regresi.
5. Didapatkan jumlah total pergerakan pesawat terbang tahun 2015 sampai dengan tahun 2025.

Gambar dibawah ini memperlihatkan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* pada tahun 2008-2015.



Gambar 5. 3 Grafik Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Di *runway* pada Tahun 2008-2015

Dari grafik pada Gambar 5. 3 didapatkan persamaan regresi $y = 22068X + 241849$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0.8746$. Semakin nilai (R^2) mendekati 1 (satu) maka ada korelasi positif antara jumlah pergerakan dengan peubah waktu, dimana arti dari korelasi positif adalah dari tahun ke tahun jumlah pergerakan semakin bertambah. Persamaan regresi digunakan untuk peramalan pertumbuhan jumlah pergerakan pesawat terbang pada tahun rencana.

Hasil peramalan didapatkan dengan memasukkan tahun peramalan pada persamaan regresi, seperti contoh perhitungan berikut ini :

- Persamaan regresi untuk jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* adalah $y = 22068X + 241849$
- Tahun 2025 merupakan tahun rencana ke 18 di hitung dari tahun awal rencana 2008 maka

$$y = 22068X + 241849$$

$$y = 22068(18) + 241849$$

$$y = 639073 \text{ Pesawat}$$

Hasil perhitungan untuk masing-masing tahun dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5. 2 Hasil Peramalan Jumlah Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Terbang Di *Runway* Hingga 2025

Thn Ke	Tahun	Total
1	2008	263917
2	2009	285985
3	2010	308053
4	2011	330121
5	2012	352189
6	2013	374257

Thn Ke	Tahun	Total
7	2014	396325
8	2015	418393
9	2016	440461
10	2017	462529
11	2018	484597
12	2019	506665
13	2020	528733
14	2021	550801
15	2022	572869
16	2023	594937
17	2024	617005
18	2025	639073

Catatan : font yang *di bold* adalah hasil peramalan 10 tahun mendatang yaitu tahun 2025

Dari table 5. 3 diatas didapatkan hasil peramalan jumlah pergerakan pesawat terbang di runway pada 10 tahun kedepan adalah tahun 2025 sebesar 639073 pergerakan pesawat termasuk kedatangan dan keberangkatan baik untuk domestik maupun internasional.

Setelah didapat jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* pada tahun rencana, dilakukan perhitungan volume jam puncak sebagai :

1. Dasar acuan kondisi paling maksimum pemakaian *runway* pada tahun rencana.
2. Mengetahui jumlah pergerakan pesawat terbang pada kondisi *peak hour*.

Perhitungan volume pada jam puncak dihitung dengan cara mencari *peak mount ratio*, *peak day ratio* dan *peak day ratio*, tentu nya mencari *ratio* tersebut membutuhkan data eksisting.

Berdasarkan data dari BPS didapatkan uraian jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* tiap bulan pada tahun 2008 sampai dengan 2015. Dari data ini dapat dilihat bahwa pola pergerakan tiap bulanan, sehingga dapat dihitung *peak mount ratio*. Contoh perhitungannya untuk mendapatkan *peak mount ratio* sebagai berikut :

- Pada tahun 2008 jumlah pergerakan bulan Januari adalah 22639 pesawat terbang dengan total pergerakan pada tahun 2008 sebesar 250229 pesawat terbang.
- *Ratio* bulan Januari 2008 sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 R_{mount} &= N_{mount} / N_{year} \\
 &= 22639 / 250229 \\
 &= 0.09047
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan untuk mencari *ratio* bulan lain dari tahun 2008 sampai 2015. Hasil selengkapnya bisa dilihat pada Tabel 5.3

Tabel 5. 3 *Ratio* Pergerakan Pesawat Terbang Bulanan Pada Tahun 2008-2015

No	Bulan	Total Pergerakan								Rasio							
		2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Januari	22639	22731	23798	27441	30791	32825	34525	31270	0.09047	0.08330	0.07709	0.08058	0.08079	0.08238	0.08837	0.08079
2	Februari	20033	19881	22427	24411	28695	28294	28801	27432	0.08006	0.07286	0.07265	0.07168	0.07529	0.07100	0.07372	0.07529
3	Maret	21735	22528	25749	27676	31792	31964	31604	31419	0.08686	0.08256	0.08341	0.08127	0.08342	0.08021	0.08089	0.08342
4	April	20149	21800	25243	27240	30968	31659	30708	32049	0.08052	0.07989	0.08177	0.07999	0.08126	0.07945	0.07860	0.08126
5	Mei	20664	22686	26254	28466	32688	33526	32769	33957	0.08258	0.08314	0.08505	0.08359	0.08577	0.08413	0.08388	0.08577
6	Juni	20321	22857	26214	28635	32101	34341	33774	31418	0.08121	0.08377	0.08492	0.08408	0.08423	0.08618	0.08645	0.08423
7	Juli	21585	23768	27339	30268	31449	32299	30700	34920	0.08626	0.08710	0.08856	0.08888	0.08252	0.08106	0.07858	0.08252
8	Agustus	21314	22611	24942	27120	32322	36753	35221	34255	0.08518	0.08286	0.08080	0.07964	0.08481	0.09223	0.09015	0.08481
9	September	19017	21873	27041	29707	31792	34125	31863	30068	0.07600	0.08016	0.08760	0.08723	0.08342	0.08564	0.08156	0.08342
10	Oktober	21635	24305	26572	30287	32389	34427	33427	31980	0.08646	0.08907	0.08608	0.08894	0.08499	0.08640	0.08556	0.08499
11	November	20232	23148	25625	28943	32092	33645	32252	32048	0.08085	0.08483	0.08301	0.08499	0.08421	0.08443	0.08255	0.08421
12	Desember	20905	24681	27493	30355	34031	34624	35040	35799	0.08354	0.09045	0.08906	0.08914	0.08929	0.08689	0.08969	0.08929
	Jumlah	250229	272869	308697	340549	381110	398482	390684	386615	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Sumber : BPS (Banten dalam angka 2009 - 2016)

Ratio maksimum dari hasil perhitungan diatas berada pada bulan Agustus tahun 2013 dengan nilai sebesar 0.09923, sehingga nilai ini akan dipakai untuk perhitungan mencari jumlah pergerakan jam puncak pada tahun rencana.

Setelah data *peak mount ratio* didapat tentu nya tidak bisa untuk mencari jumlah pergerakan jam puncak pada tahun rencana sehingga perlunya mencari *peak day ratio*. *Peak day ratio* dapat dicari menggunakan jadwal penerbangan bulan Februari 2017 dari website *flightradar24*, sehingga diketahui jumlah penerbangan dalam 1 hari dan satu bulan. Untuk tahapan perhitungan dapat dilihat pada uraian dibawah ini :

- Pada bulan Februari 2017 jumlah pergerakan pesawat adalah 32312 dengan pergerakan pesawat pada hari Senin adalah 1135 pergerakan pesawat.
- *Ratio* hari selasa sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_{day} &= N_{day} / N_{mount} \\ &= 1135 / 32312 \\ &= 0.03513 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk mencari *ratio* pada hari lain. Hasil selengkapnya bisa dilihat pada Tabel 5.4.

Tabel 5. 4 *Ratio* Pergerakan Pesawat Terbang Harian

Hari	Tanggal	Jumlah	Rasio
Senin	6, 13, 20, 27	1135	0.03513
Selasa	7, 14, 21, 28	1212	0.03751
Rabu	1, 8, 15, 22	1190	0.03683
Kamis	2, 9, 16, 23	1065	0.03296
Jumat	3, 10, 17, 24	1091	0.03376
Sabtu	4, 11, 18, 25	1206	0.03732
Minggu	5, 12, 19, 26	1179	0.03649
		32312	

Sumber : <https://www.flightradar24.com/data/airports/cgk>

Ratio maksimum dari hasil perhitungan diatas berada pada hari selasa dengan nilai 0.03751, sehingga nilai ini akan dipakai

untuk perhitungan mencari jumlah pergerakan jam puncak pada tahun rencana.

Data *peak mount ratio* dan *peak day ratio* telah diketahui namun kedua data ini belum cukup untuk menghitung jumlah jam puncak pada tahun rencana, perlu dicari juga *peak hour ratio*. *Peak hour ratio* dicari dengan menggunakan data eksisting jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* tiap jam pada satu hari. Data yang digunakan pada perhitungan ini adalah hari Selasa 14 Februari 2017. Perhitungan pada *Peak hour ratio* menggunakan data pergerakan pesawat terbang 1 bandara namun data perjam menggunakan data *runway* 1 dikarenakan pada tugas akhir ini hanya meninjau *runway* 1 saja. Untuk tahapan perhitungan dapat dilihat sebagai berikut :

- Pada hari Selasa 14 Februari 2017 jumlah pergerakan adalah 1073, diambil data per jam pada jam 10.00–10.59 sebesar 36 pergerakan.
- *Rasio* pergerakan pesawat terbang pada pukul 10.00-10.59 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} R_{hour} &= N_{hour} / N_{day} \\ &= 36 / 1073 \\ &= 0.03355 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan untuk mencari *ratio* pada jam lain. Hasil selengkapnya bisa dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5. 5 *Ratio* Pergerakan Pesawat Terbang Jam Puncak

Jam			Jumlah Pergerakan	Ratio
00:00	-	0:59	27	0.02516
1:00	-	1:59	27	0.02516
2:00	-	2:59	33	0.03075
3:00	-	3:59	34	0.03169
4:00	-	4:59	28	0.02610
5:00	-	5:59	33	0.03075
6:00	-	6:59	27	0.02516
7:00	-	7:59	25	0.02330
8:00	-	8:59	31	0.02889
9:00	-	9:59	28	0.02610
10:00	-	10:59	36	0.03355
11:00	-	11:59	25	0.02330
12:00	-	12:59	24	0.02237
13:00	-	13:59	24	0.02237
14:00	-	14:59	22	0.02050
15:00	-	15:59	12	0.01118
16:00	-	16:59	0	0
17:00	-	17:59	7	0.00652
18:00	-	18:59	1	0.00093
19:00	-	19:59	0	0
20:00	-	20:59	0	0
21:00	-	21:59	5	0.00466
22:00	-	22:59	11	0.01025
23:00	-	23:59	19	0.01771
Total			1073	

Sumber : JATSC AIRNAV

Ratio maksimum dari hasil perhitungan diatas berada pada jam 10.00–10.59 dengan nilai 0.03355. *Peak mount ratio*, *peak day ratio* dan *peak day ratio* telah didapat, data ini digunakan sebagai dasar perhitungan untuk mencari jumlah pergerakan pesawat terbang pada jam puncak tahun rencana. Digunakannya *ratio* tersebut diharapkan bahwa perhitungan mendekati kondisi sebenarnya.

Perhitungan jam puncak pada tahun rencana dapat dihitung dengan menggunakan *peak mount ratio*, *peak day ratio* dan *peak day ratio*. Tahun rencana pada perhitungan ini pada tahun 2025. Untuk lebih jelas perhitungan sebagai berikut :

- Tahun rencana adalah tahun ke 10 yaitu tahun 2025 dengan jumlah pergerakan pesawat terbang selama satu tahun sebesar 639073 pergerakan pesawat terbang.

- Nilai *ratio* sebagai berikut :

$$Peak\ mount\ ratio = 0.09223$$

$$Peak\ day\ ratio = 0.03751$$

$$Peak\ day\ ratio = 0.03355$$

- Jumlah pergerakan pesawat pada bulan puncak tahun 2025.

$$\begin{aligned} N_{month} &= N_{year} \times R_{month} \\ &= 639073 \times 0.09223 \\ &= 58943 \text{ pergerakan pesawat terbang} \end{aligned}$$

- Jumlah pergerakan pesawat pada hari puncak tahun 2025.

$$\begin{aligned} N_{day} &= N_{month} \times R_{day} \\ &= 58943 \times 0.03751 \\ &= 2211 \text{ pergerakan pesawat terbang} \end{aligned}$$

- Jumlah pergerakan pesawat pada hari puncak tahun 2025.

$$\begin{aligned} N_{hour} &= N_{day} \times R_{hour} \\ &= 2211 \times 0.03355 \\ &= 74 \text{ pergerakan pesawat terbang} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan pada tahun-tahun sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 5. 6.

Tabel 5. 6 Peramalan Pergerakan Pesawat Terbang

Tahun Ke -	Tahun	Total	Total	Total	Total
		Per Tahun	Bulan Puncak	Hari Puncak	Jam Puncak
1	2008	263917	24342	913	31
2	2009	285985	26377	989	33
3	2010	308053	28413	1066	36
4	2011	330121	30448	1142	38
5	2012	352189	32483	1218	41
6	2013	374257	34519	1295	43
7	2014	396325	36554	1371	46
8	2015	418393	38589	1447	49
9	2016	440461	40625	1524	51
10	2017	462529	42660	1600	54
11	2018	484597	44696	1677	56
12	2019	506665	46731	1753	59
13	2020	528733	48766	1829	61
14	2021	550801	50802	1906	64
15	2022	572869	52837	1982	66
16	2023	594937	54873	2058	69
17	2024	617005	56908	2135	72
18	2025	639073	58943	2211	74

Catatan : font yang *bold* adalah hasil peramalan jam puncak pergerakan pesawat terbang pada 10 tahun mendatang yaitu tahun 2025

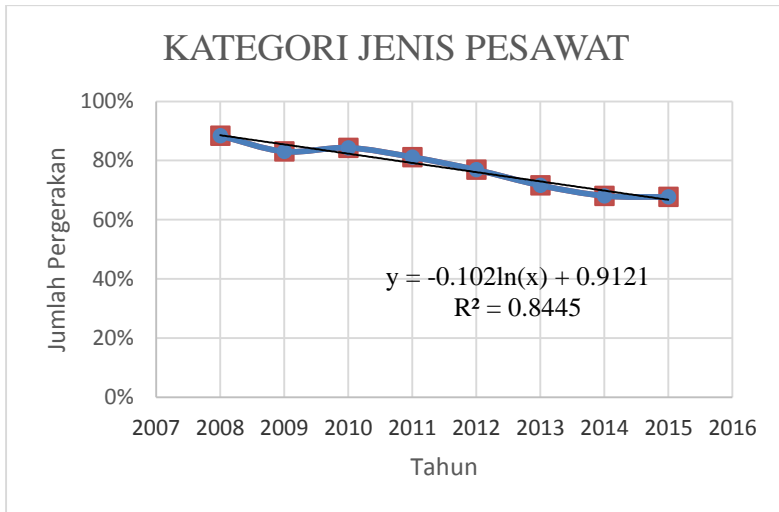
Tabel 5. 6 menyajikan hasil dari peramalan jam puncak pergerakan pesawat terbang di *runway*. Hasil diatas menunjukkan bahwa pada tahun 2025 jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* 1 Bandara Internasional Soekarno-Hatta sebanyak 74 pergerakan.

Peramalan jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* 1 pada perhitungan diatas merupakan jumlah pergerakan pesawat secara keseluruhan tanpa adanya pengelompokan. Dalam perhitungan kapasitas suatu *runway* perlu ada nya variasi perhitungan berdasarkan kategori pesawat, berdasarkan data yang sudah di dapat pada Tabel 4. 17 maka dilakukan peramalan sebagai variasi dalam perhitungan kapasitas *runway* di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Peramalan pada data pergerakan pesawat terbang berdasarkan kategori menggunakan analisa regresi *logaritma* dengan program bantu *Microsoft Excel*, tahapan peramalan dengan menyalin data pada Tabel 4. 17 kedalam program bantu *Microsoft Excel* hasil nya seperti pada Tabel 5. 7 lalu membuat grafik seperti Gambar 5. 4.

Tabel 5. 7 Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori Pada Tahun 2008-2015

Kategori	Tahun							
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
A	-	-	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	-	-	-	-
C	12%	17%	16%	19%	23%	28%	32%	32%
D	88%	83%	84%	81%	77%	72%	68%	68%

Sumber : BPS (Statistik Transportasi 2009-2006)



Gambar 5. 4 Grafik Presentasi Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori pada Tahun 2008-2015

Dari grafik pada Gambar 5. 4 didapatkan persamaan regresi $y = -0.102 \ln(x) + 0.9121$ dan koefisien determinasi $R^2 = 0.8445$. Hasil peramalan didapatkan dengan memasukkan tahun peramalan pada persamaan regresi, seperti contoh perhitungan berikut ini :

- Persamaan regresi untuk jumlah pergerakan pesawat terbang di *runway* adalah $y = -0.102 \ln(x) + 0.9121$
- Tahun 2025 merupakan tahun rencana ke 18 di hitung dari tahun awal rencana 2008 maka

$$y = -0.102 \ln(x) + 0.9121$$

$$y = -0.102 \ln(18) + 0.9121$$

$$y = 62 \%$$

Hasil perhitungan untuk masing-masing kategori dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5. 8 Hasil Peramalan Jumlah Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Terbang Berdasarkan Kategori pada 2025

Kategori	Tahun	Tahun
	2017	2025
A	-	-
B	-	-
C	32%	38%
D	68%	62%

Pemilihan menggunakan analisa regresi *logaritma* digunakan karena dari hasil dari permalan ini paling mendekati kondisi eksisting untuk tahun 2025. Bisa dikatakan mendekati dikarenakan membandingkan dengan data eksisting pada tanggal 14 Februari 2017 pada kondisi jam puncak presentasi pergerakan pesawat terbang berdasarkan kategori D menunjukkan nilai antara sebesar 74 - 69 %, hasil ini bisa dilihat pada Table 4. 8.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

PERHITUNGAN KAPASITAS *RUNWAY*

Perhitungan kapasitas suatu *runway* perlu adanya tahapan-tahapan dasar dalam melayani pesawat terbang, hal ini sebagai aturan dasar yang perlu digunakan sebagai landasan perhiungan sehingga tidak terjadi kesalahan antara perhitungan dan kondisi eksisting dilapangan. Urutan dasar yang digunakan untuk melayani pesawat terbang adalah (Horenjeff & McKelvey, 1994) :

1. Dua pesawat terbang tidak boleh dioperasikan di *runway* pada saat bersamaan.
2. Pesawat yang datang diberi prioritas untuk menggunakan *runway* daripada pesawat yang berangkat.
3. Operasi keberangkatan dapat dilakukan apabila *runway* telah bebas dan kedatangan berikutnya paling sedikit berada pada suatu jarak tertentu dari ambang *runway*.

Selain dasar urutan diatas terdapat pula aturan-aturan pengoperasian *runway* yang digunakan untuk melayani kedatangan dan keberangkatan (*Airborne Instruments Laboratory*) :

1. Kedatangan mempunyai prioritas dari pada keberangkatan.
2. Hanya satu pesawat dapat berada di *runway* pada sembarang waktu.
3. Keberangkatan tidak dapat dilaksanakan apabila pesawat yang datang berikutnya berada pada jarak yang kurang dari suatu jarak tertentu dari ambang landas pacu, biasanya 2 nmi dalam kondisi IFR.
4. Keberangkatan yang berurutan diatur sehingga pemisahan waktu minimumnya sama dengan waktu pelayanan keberangkatan.

Perhitungan kapasitas *runway* yang hanya digunakan untuk melayani pesawat yang datang dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut (Horonjeff & McKelvey, 1994) :

1. Campuran pesawat terbang, yang biasanya diberi karakter oleh penggolongan pesawat ke dalam beberapa kelas menurut kecepatan mendekati *runway*. Pesawat yang akan *takeoff* tidak dihitung karena *clearance time* sudah ditetapkan yaitu sebesar 120 detik.
2. Kecepatan mendekati *runway* dari berbagai kategori dapat dilihat pada Bab IV Data Perhitungan, Sub Bab 4. 3.
3. Panjang jalur pendekatan umum ke landasan dari jalur masuk (*entry*) atau gerbang ILS ke ambang *runway*. Berdasarkan pengamatan langsung pada survey data primer di Menara ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta dapat diketahui bahwa panjang jalur pendekatan umum ke ambang *runway* berada sepanjang 15 mil menuju ambang *runway*.
4. Aturan-aturan jarak pisah lalu lintas udara minimum atau jarak pisah yang diamati praktis apabila tidak ada peraturan. Data tersebut juga telah diamati pada survey data primer di Menara ATC Bandara Internasional Soekarno-hatta.
5. Besarnya kesalahan dalam waktu kedatangan di gerbang dan kesalahan kecepatan pada jalur pendekatan umum ke *runway*.
6. Probabilitas tertentu dari pelanggaran terhadap jarak pisah lalu lintas udara minimum yang dapat diterima. Apabila pada kondisi terdapat persamaan jadwal penerbangan yang akan mendarat dan lepas landas pada saat yang bersamaan. Hal ini mengakibatkan salah satu pesawat harus berputar agar terpisah sejauh jarak pisah minimum dengan pesawat yang ada di depannya.
7. Waktu pemakaian *runway* rata-rata berbagai kelas pesawat dalam campuran dan besarnya pencaran dalam waktu rata-rata tersebut. Waktu pemakaian *runway* untuk pesawat

yang mendarat telah diamati dan dicatat pada Bab IV Survey Data Promer, Sub Bab 4. 3 di Menara ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

6.1 Perhitungan Kapasitas *Runway* Kondisi Eksisting

Dari hasil Data Perhitungan pada Bab IV didapatkan data pergerakan pesawat terbang tiap jam pada satu hari yaitu Rabu, 14 Februari 20017. Seperti terlihat pada tabel 6. 1 dibawah ini :

Tabel 6. 1 Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Per Jam pada Tanggal 14 Februari 2017

Pukul	14 Februari 2017		
	<i>Arr</i>	<i>Dep</i>	Total
00:00 - 0:59	17	10	27
1:00 - 1:59	11	16	27
2:00 - 2:59	15	18	33
3:00 - 3:59	17	17	34
4:00 - 4:59	12	16	28
5:00 - 5:59	18	15	33
6:00 - 6:59	13	14	27
7:00 - 7:59	17	8	25
8:00 - 8:59	16	15	31
9:00 - 9:59	17	11	28
10:00 - 10:59	23	13	36
11:00 - 11:59	13	12	25
12:00 - 12:59	16	8	24
13:00 - 13:59	19	5	24
14:00 - 14:59	18	4	22
15:00 - 15:59	10	2	12
16:00 - 16:59	0	0	0

Pukul	14 Februari 2017		
	<i>Arr</i>	<i>Dep</i>	Total
17:00 - 17:59	0	7	7
18:00 - 18:59	0	1	1
19:00 - 19:59	0	0	0
20:00 - 20:59	0	0	0
21:00 - 21:59	0	5	5
22:00 - 22:59	0	11	11
23:00 - 23:59	6	13	19

Sumber : JATSC Airnav

Dari Tabel 6.1 diatas didapatkan bahwa jam puncak berada pada jam 10.00 – 10.59 dengan jumlah pergerakan pesawat terbang sebesar 36 pergerakan. Setelah diketahui jam puncak dengan jumlah pergerakan lalu dikelompokkan berdasarkan kategori sesuai dengan Tabel 4. 7 Sub Bab 4.4 Bab IV Data Perencanaan. Hasil pengelompokkan berdasarkan kategori serta karakteristiknya dapat dilihat pada Tabel 6.2.

Tabel 6. 2 Pengelompokkan Berdasarkan Kategori dan Karakteristiknya Pada Tanggal 14 Februari 2017

Tipe Pesawat	<i>Approach Speed</i> (Knot)	Waktu Pemakaian <i>Runway, Ri</i> (Detik)	Campuran %	
			<i>ARR</i>	<i>DEP</i>
A	-	-	0	0
B	97	-	0	0
C	120	66.67	26%	31%
D	140	66.59	74%	69%

Waktu pemakaian *runway* (*Ri*) dan kecepatan pendekatan (*approach speed*) merupakan hasil rata-rata waktu dan kecepatan tiap kategori dari survey data primer di Menara ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

Tabel 6. 3 Jadwal Penerbangan Pesawat Terbang pada Tanggal 14 Februari 2017

Kedatangan / Arrival											
No	Waktu		Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kategori Pesawat	Arr / Dep	No. Runway	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Approach Speed (Knot)	Exit taxiway ke -	Cuacah
	UTC	LT									
1	10.00	17.00	GIA643	B738	D	Arr	25L	60	147	2	C
2	10.04	17.04	CTV871	A322	C	Arr	25L	65	133	2	C
3	10.06	17.06	AWQ7531	A320	C	Arr	25L	68	129	1	C
4	10.09	17.09	SJY273	B738	D	Arr	25L	69	152	2	C
5	10.10	17.10	GIA569	B738	D	Arr	25L	70	147	2	C
6	10.12	17.12	SJY053	B738	D	Arr	25L	68	147	2	C
7	10.15	17.15	LNI779	B739	D	Arr	25L	68	145	1	C
8	10.19	17.19	BTK6513	B739	D	Arr	25L	68	153	2	C
9	10.21	17.21	CTV9744	A320	C	Arr	25L	65	131	2	C
10	10.23	17.23	BTK6285	A320	C	Arr	25L	64	130	2	C
11	10.25	17.25	LNI715	B738	D	Arr	25L	60	145	1	C
12	10.28	17.28	GIA213	B738	D	Arr	25L	60	147	2	C
13	10.29	17.29	BTK6273	A320	C	Arr	25L	68	133	2	C

Kedatangan / Arrival											
No	Waktu		Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kategori Pesawat	Arr / Dep	No. Runway	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Approach Speed (Knot)	Exit taxiway ke -	Cuacah
	UTC	LT									
14	10.32	17.32	GIA243	B738	D	Arr	25L	70	145	2	C
15	10.35	17.35	LNI749	B739	D	Arr	25L	70	148	2	C
16	10.38	17.38	LNI379	B739	D	Arr	25L	70	150	2	C
17	10.40	17.40	LNI347	B739	D	Arr	25L	69	147	1	C
18	10.43	17.43	THA435	B788	D	Arr	25L	69	153	2	C
19	10.45	17.45	LNI517	B739	D	Arr	25L	65	153	2	C
20	10.47	17.47	GIA321	B738	D	Arr	25L	60	148	2	C
21	10.50	17.50	LNI765	B739	D	Arr	25L	68	150	2	C
22	10.53	17.53	LNI399	B739	D	Arr	25L	68	148	1	C
23	10.57	17.57	AWQ7551	A320	C	Arr	25L	70	134	1	C

Keberangkatan / Departure											
No	Waktu		Maskapai Penerbangan	Tipe Pesawat	Kategori Pesawat	Arr / Dep	No. Runway	Waktu Pemakaian Runway (detik)	Approach Speed (Knot)	Exit taxiway ke -	Cuacah
	UTC	LT									
1	10.02	17.02	LNI342	B738	D	Dep	25L				C
2	10.07	17.07	BTK6516	B738	D	Dep	25L				C
3	10.10	17.10	LNI608	B739	D	Dep	25L				C
4	10.13	17.13	BTK6850	B739	D	Dep	25L				C
5	10.17	17.17	CTV901	A320	C	Dep	25L				C
6	10.26	17.26	JSA204	A320	C	Dep	25L				C
7	10.31	17.31	CTV966	A320	C	Dep	25L				C
8	10.34	17.34	LNI240	B738	D	Dep	25L				C
9	10.37	17.37	CTV844	A320	C	Dep	25L				C
10	10.44	17.44	LNI514	B739	D	Dep	25L				C
11	10.49	17.49	LNI396	B739	D	Dep	25L				C
12	10.52	17.52	LNI686	B738	D	Dep	25L				C
13	10.55	17.55	LNI614	B738	D	Dep	25L				C

Pada perhitungan dalam menentukan kapasitas suatu *runway* perlu adanya simulasi atau percobaan bila *runway* melayani pesawat yang datang saja (*arrivals only*), *runway* melayani pesawat yang berangkat saja (*departures only*), dan *runway* melayani pesawat yang datang dan berangkat saja (*mixed*). Lebih jelasnya akan dijelaskan pada perhitungan seperti dibawah ini :

6.1.1 *Arrivals only*

Langkah pertama yang dilakukan adalah dengan menghitung kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* hanya melayani pesawat terbang yang datang saja. Kedatangan pesawat pada kondisi eksisting tentunya mengalami berbagai keadaan dalam pelaksanaan antara lain nya keadaan bebas kesalahan pada keadaan ini juga dipengaruhi oleh kecepatan pesawat sehingga timbul keadaan merapat, keadaan merapat dan keadaan sama besar. Selain keadaan bebas kesalahan ada juga keadaan kesalahan posisi pada keadaan ini juga dipengaruhi oleh kecepatan pesawat sehingga timbul keadaan merapat, keadaan merapat dan keadaan sama besar.

6.1.1.1 Keadaan Bebas Kesalahan

Hasil pengamatan pada survey data primer diketahui jarak pemisah minimum diantara pesawat yang dibutuhkan di ruang angkasa di dekat landasan (δ_{ij}) adalah 3 nmi dan jalur masuk ke landasan rata-rata sebesar 10 nmi.

A. Keadaan merapat

Kecepatan pesawat di depan V_i lebih kecil dari pada kecepatan pesawat yang ada dibelakang V_j . Perhitungan untuk keadaan merapat menggunakan Persamaan 2.4.

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk $V_C = 120$ knot dan $V_D = 140$ knot, didapat :

$$T_{CD} = \frac{3}{140}(3600) = 77,143 \text{ detik}$$

Untuk $V_b = 97$ knot dan $V_c = 120$ knot, didapat :

$$T_{BC} = \frac{3}{120}(3600) = 90 \text{ detik}$$

Untuk $V_b = 97$ knot dan $V_D = 140$ knot, didapat :

$$T_{BC} = \frac{3}{140}(3600) = 77,143 \text{ detik}$$

B. Keadaan merenggang

Kecepatan pesawat di depan V_i lebih besar dari pada kecepatan pesawat yang ada dibelakang V_j . Perhitungan untuk keadaan merapat menggunakan Persamaan 2.5.

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_i} + \gamma \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk $V_D = 140$ knot dan $V_C = 120$ knot, didapat :

$$T_{DC} = T_C - T_D = \frac{\delta_{DC}}{V_D} + \gamma \left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{140} + 10 \left(\frac{1}{120} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{DC} = 120 \text{ detik}$$

Untuk $V_D = 140$ knot dan $V_B = 97$ knot, didapat :

$$T_{DB} = T_B - T_D = \frac{\delta_{DB}}{V_D} + \gamma \left(\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{140} + 10 \left(\frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{DC} = 191,13 \text{ detik}$$

Untuk $V_C = 120$ knot dan $V_B = 97$ knot, didapat :

$$T_{CB} = T_B - T_C = \frac{\delta_{CB}}{V_D} + \gamma \left(\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_C} \right)$$

$$T_{DC} = \frac{3(3600)}{120} + 10 \left(\frac{1}{97} - \frac{1}{120} \right) (3600)$$

$$T_{DC} = 161,13 \text{ detik}$$

C. Keadaan sama besar

Kecepatan pesawat di depan V_i sama dengan kecepatan pesawat yang ada dibelakang V_j . Perhitungan untuk keadaan merapat menggunakan Persamaan 2.4.

$$\text{Rumus : } T_{ij} = T_j - T_i = \frac{\delta_{ij}}{V_j}$$

Untuk $V_i = V_j = 97$ knot, didapat :

$$T_{BB} = \frac{3}{97}(3600) = 111,34 \text{ detik}$$

Untuk $V_i = V_j = 120$ knot, didapat :

$$T_{BB} = \frac{3}{120}(3600) = 90 \text{ detik}$$

Untuk $V_i = V_j = 140$ knot, didapat :

$$T_{BB} = \frac{3}{140}(3600) = 77,143 \text{ detik}$$

Karena waktu pemakaian *runway* R_i (lihat Tabel 6. 2) rata-rata lebih kecil dari waktu pemisah di udara, maka digunakan waktu pemisah di udara (T_{ij})

Apabila hasil dibuat dalam sebuah matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$, maka akan dihasilkan pemisah waktu minimum di ambang *runway* untuk semua keadaan sebagai berikut :

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	77.143	77.143	77.143
	120	120	90	90
	97	191.134	161.134	111.340

Sementara prosentase kombinasi $[p_{ij}]$ yang diperoleh dari jadwal kedatangan pada Tabel 6. 2 disajikan kedalam matriks dapat dilihat dibawah ini.

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	0.59	0.14	0
	120	0.18	0.09	0
	97	0	0	0

Substitusi kedalam Persamaan 2.2 akan menghasilkan :

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} M_y = \sum P_{ij} T_{ij}$$

$$E[T_{ij}] = 0,59 (77,143) + 0,14 (77,143) + \dots + 0 (111,340)$$

$$E[T_{ij}] = 86,104 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas sistem *runway* untuk melayani kedatangan saja yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{86,104} (3600)$$

$$C = 42 \text{ Operasi / jam}$$

6.1.1.2 Keadaan Kesalahan Posisi

Dengan menganggap bahwa terjadi kesalahan posisi (σ_0) pada jadwal penerbangan sebesar 20 detik yang distribusikan secara normal, dan probabilitas pelanggaran aturan pisah minimum untuk jarak kedatangan yang diperbolehkan adalah 10 persen, maka kapasitas *runway* untuk keadaan tersebut dapat dihitung. Dengan probabilitas pelanggaran sebesar 10 persen, maka nilai q_v dapat dicari dari tabel-tabel statistika yaitu sebesar 1,28.

A. Keadaan merapat

Penyangga pada keadaan merapat tidak tergantung pada kecepatan. Perhitungan pada keadaan ini menggunakan Persamaan 2.9.

$$B_{ij} = \sigma_0 q_v$$

$$B_{ij} = 20 (1,28)$$

$$B_{ij} = 25,6 \text{ detik}$$

B. Keadaan merenggang

Kecepatan pesawat di depan V_i lebih besar dari pada kecepatan pesawat yang ada dibelakang V_j . Perhitungan untuk keadaan merenggang menggunakan Persamaan 2.10.

$$\text{Rumus : } B_{ij} = \sigma_0 q_v - \delta_{ij} \left(\frac{1}{V_j} - \frac{1}{V_i} \right)$$

Untuk $V_D = 140$ knot dan $V_C = 120$ knot, didapat :

$$B_{DC} = \sigma_0 q_v - \delta_{DC} \left(\frac{1}{V_C} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$B_{DC} = 20 (1,28) - 3 \left(\frac{1}{120} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$B_{DC} = 12,743 \text{ detik}$$

Untuk $V_D = 140$ knot dan $V_B = 97$ knot, didapat :

$$B_{DB} = \sigma_0 q_v - \delta_{DB} \left(\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_D} \right)$$

$$B_{DB} = 20 (1,28) - 3 \left(\frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{DB} = -8,987 \text{ detik}$$

Untuk $V_C = 120$ knot dan $V_B = 97$ knot, didapat :

$$B_{CB} = \sigma_0 q_v - \delta_{CB} \left(\frac{1}{V_B} - \frac{1}{V_C} \right)$$

$$B_{CB} = 20 (1,28) - 3 \left(\frac{1}{97} - \frac{1}{140} \right) (3600)$$

$$T_{CB} = 4,260 \text{ detik}$$

C. Keadaan sama besar,

Kecepatan pesawat di depan V_i sama dengan kecepatan pesawat yang ada dibelakang V_j . Perhitungan untuk keadaan merapat menggunakan Persamaan 2. 9 atau Persamaan 2. 10 dan didapatkan hasil yang sama yaitu 25,6 detik.

Nilai sanggah yang didapat dari dari perhitungan diatas kemudian dibuat menjadi sebuah matriks nilai sanggah $[B_{ij}]$ sebagai berikut :

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	25,6	25,6	25,6
	120	12,743	25,6	25,6
	97	-8,597	4,260	25,6

Dengan menggabungkan matriks bebas kesalahan $[M_{ij}]$ dan matriks nilai sanggah $[B_{ij}]$, dihasilkan jarak waktu antara kedatangan sebenarnya di ambang *runway* sebagai berikut :

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	102.743	102.743	102.743
	120	132.743	115.600	115.600
	97	182.537	165.394	136.940

Apabila hasil diatas digabung dengan prosentase campuran pesawat $[P_{ij}]$, waktu antar kedatangan rata-rata adalah :

$$E[T_{ij}] = \sum P_{ij} M_y = \sum P_{ij} T_{ij}$$

$$E[T_{ij}] = 0,59 (102,743) + 0,14 (102,743) + \dots + 0 (136,940)$$

$$E[T_{ij}] = 109,366 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas sistem *runway* untuk melayani kedatangan apabila terjadi kesalahan posisi yang dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3 sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{109,366} (3600)$$

$$C = 33 \text{ Operasi / jam}$$

6.1.2 Departures only

Tahapan berikutnya yaitu dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang berangkat saja. perhitungan pada kondisi ini sesuai dengan Bab II Tinjauan Pustaka, Sub Bab 2. 2. 2.

Jarak pisah minimum antar keberangkatan didapatkan sebesar 120 detik (Menara ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta). Matriks prosentasi kombinasi $[P_{ij}]$ diambil dari jadwal keberangkatan pada Tabel 6. 2.

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	0.50	0.17	0.00
	120	0.17	0.17	0.00
	97	0.00	0.00	0.00

Berdasarkan Peramaan 2.12 pada Bab II Tinjauan Pustaka, dapat dihitung besar waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway* $E(td)$ adalah sebagai berikut :

$$E(t_d) = \sum [P_{ij}] [t_d]$$

$$E(t_d) = 0,5 (120) + 0,17 (120) + 0,17 (120) + 0,17 (120)$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas sistem *runway* untuk melayani keberangkatan saja dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.11 sebagai berikut :

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)}$$

$$C_d = \frac{3600}{120}$$

$$C = 30 \text{ Operasi / jam}$$

6.1.3 Operasi campuran (*Mixed*)

Tahapan terakhir dalam perhitungan kapasitas suatu *runway* adalah dengan menemukan kemungkinan dilakukan operasi keberangkatan diantara dua kedatangan. Pergerakan pesawat di *runway* harus mengutamakan pergerakan pesawat yang datang karena apabila terjadi *delay* 30 menit, maka pesawat yang akan mendarat harus dialihkan kebandara yang terdekat.

- Waktu pemakaian *runway* rata-rata merupakan hasil dari perkalian antara prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat. Besar nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.2, sebagai hasil perhitungan dapat dilihat dibawah ini :

$$E(R_i) = 0,261 (66,67) + 0,739 (66,59)$$

$$E(R_i) = 66,609 \text{ detik}$$

- Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah

$$E \left[\frac{\delta_d}{V_j} \right] = \left[0,261 \left(\frac{2}{120} \right) + 0,739 \left(\frac{2}{140} \right) \right] 3600$$

$$E \left[\frac{\delta_d}{V_j} \right] = 38,017 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 25,6 \text{ detik}$$

Agar dapat menghitung kemungkinan terjadi suatu operasi keberangkatan diantara dua operasi kedatangan menggunakan Persamaan 2.13 seperti dibawah ini :

$$E[T_{ij}] \geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E(B_{ij}) + (n-1)E[t_d]$$

$$E[T_{ij}] \geq 66,609 + 38,017 + 25,6 + (n-1)120$$

$$\geq 130,226 + (n-1)120$$

Untuk satu keberangkatan diantara dua kedatangan akan didapat waktu antara kedatangan sebesar 130,226 detik. Dua keberangkatan diantara dua kedatangan, didapat waktu antara kedatangan sebesar 250,226 detik dan untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan, didapat waktu antara kedatangan sebesar 370,226 detik. Dengan perhitungan secara singkat dapat diartikan satu kali keberangkatan dapat dilakukan sembarang waktu bila waktu antara kedatangan sebesar 130,226 detik sampai 250,226 detik sedangkan dua kali keberangkatan dapat dilakukan sembarang waktu bila waktu antara kedatangan sebesar 250,226 detik sampai 370,226 detik dan seterusnya.

Hasil matriks menunjukkan antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan bahwa satu buah keberangkatan dapat dilakukan antara dua kedatangan terjadi sebesar 44 persen, dan tidak dapat dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara dua kedatangan. Kapasitas *runway* pada kondisi ini dapat dihitung menggunakan rumus dalam Persamaan 2.14 yaitu sebagai berikut ini :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d p_{nd})$$

$$C_m = \frac{3600}{109,37} (1,44)$$

$$C_m = 47 \text{ Operasi per jam}$$

Nilai yang ada pada matriks waktu antar kedatangan $[M_{ij}]$ paling tidak sebesar 130,226 detik, maka nilai yang lebih kecil dari itu diganti menjadi 130,266 detik agar satu buah keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	130.226	130.226	130.226
	120	132.743	130.226	130.226
	97	182.537	165.394	136.940

Matriks prosentase kombinasi $[p_{ij}]$ berdasarkan jadwal kedatangan pada Tabel 6.3

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	0.59	0.14	0.00
	120	0.18	0.09	0.00
	97	0.00	0.00	0.00

Sehingga disubstitusikan kedalam persamaan sebagai berikut :

$$E(T_{ij}) = 0,59 (130,226) + 0,14 (130,226) + \dots + 0 (136,94)$$

$$E(T_{ij}) = 130,683 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas suatu sistem *runway* untuk melayani operasi campuran sebesar :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d p_{nd})$$

$$C_m = \frac{3600}{130,683} (1 + 1 (1))$$

$$C_m = 56 \text{ Operasi per jam}$$

6.2 Perhitungan Kapasitas *Runway* Kondisi 10 Tahun Mendatang

Perhitungan kapasitas *runway* pada kondisi 10 tahun mendatang menggunakan data peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat terbang di *runway* pada Bab V Peramalan Pertumbuhan Jumlah Pergerakan Pesawat Terbang Di *Runway*. Dari Tabel 5.7 didapatkan presentasi pergerakan pesawat terbang di *runway* berdasarkan kategori, data tersebut digunakan acuan sebagai peramalan pertumbuhan pergerakan pesawat terbang di *runway* untuk 10 tahun mendatang. Hasil dari peramalan tersebut disajikan dalam bentuk Tabel 6. 4 sebagai berikut :

Tabel 6. 4 Hasil Peramalan Pertumbuhan Pergerakan Pesawat Terbang Di *Runway* Kondisi 10 Tahun Mendatang

Tipe	Approach Speed(knot)	Waktu Pemakaian Runway, R_i (detik)	Campuran %	
			Arr	Dep
A				
B	97	-	0	0
C	120	66.67	0.383	0.383
D	140	66.59	0.617	0.617

Waktu pemakaian (R_i) dan kecepatan pendekatan (*approach speed*) menggunakan data dari hasil survey primer di Menara Bandara Internasional Soekarno-Hatta.

6.2.1 *Arrivals Only*

Menghitung kapasitas *runway* dengan menganggap bahwa *runway* hanya melayani pesawat terbang yang datang saja. pada perhitungan 10 tahun mendatang sebagian besar data berasal dari kondisi eksisting hanya yang membedakan adalah presentasi dari kedatangan dan keberangkatan maka perhitungan kapasitas *runway* juga hamper sama dengan kondisi eksisting

6.2.1.1 Keadaan bebas kesalahan

Dengan demikian kapasitas sistem *runway* untuk melayani kedatangan saja sama dengan kondisi eksisting sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{86,104} (3600)$$

$$C = 42 \text{ Operasi / jam}$$

6.2.1.2 Keadaan kesalahan posisi

Kapasitas sistem *runway* untuk melayani kedatangan apabila terjadi kesalahan posisi juga sama dengan kondisi eksisting sebagai berikut :

$$C = \frac{1}{E[T_{ij}]}$$

$$C = \frac{1}{109,366} (3600)$$

$$C = 33 \text{ Operasi / jam}$$

6.2.2 Departures Only

Tahapan berikutnya yaitu dengan menganggap bahwa *runway* akan melayani pesawat yang berangkat saja. perhitungan pada kondisi ini sesuai dengan Bab II Tinjauan Pustaka, Sub Bab 2. 2. 2.

Jarak pisah minimum antar keberangkatan didapatkan sebesar 120 detik (Menara ATC Bandara Internasional Soekarno-Hatta). Matriks prosentasi kombinasi $[P_{ij}]$ yang terjadi dalam campuran sama dengan kondisi eksisting. Besar waktu pelayanan antar keberangkatan di ambang *runway* $E(td)$ dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$E(t_d) = \sum [P_{ij}] [t_d]$$

$$E(t_d) = 0,5 (120) + 0,17 (120) + 0,17 (120) + 0,17 (120)$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas sistem *runway* untuk melayani keberangkatan saja dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.11 sebagai berikut :

$$C_d = \frac{3600}{E(t_d)}$$

$$C_d = \frac{3600}{120}$$

$$C = 30 \text{ Operasi / jam}$$

6.2.3 Operasi Campuran (*Mixed*)

Tahapan terakhir dalam perhitungan kapasitas suatu *runway* adalah dengan menemukan kemungkinan dilakukan operasi keberangkatan diantara dua kedatangan. Pergerakan pesawat di *runway* harus mengutamakan pergerakan pesawat yang datang karena apabila terjadi *delay* 30 menit, maka pesawat yang akan mendarat harus dialihkan ke bandara yang terdekat.

- Waktu pemakaian *runway* rata-rata merupakan hasil dari perkalian antara prosentase kategori pesawat dengan waktu pemakaian *runway* tiap kategori pesawat. Besar nilai tersebut dapat dilihat pada Tabel 6.2, sebagai hasil perhitungan dapat dilihat dibawah ini :

$$E(Ri) = 0,383 (66,67) + 0,617 (66,59)$$

$$E(Ri) = 66,618 \text{ detik}$$

- Waktu yang diharapkan pesawat yang datang untuk menempuh jarak 2 mil terakhir ke ambang *runway* adalah

$$E \left[\frac{\delta_d}{V_j} \right] = \left[0,383 \left(\frac{2}{120} \right) + 0,617 \left(\frac{2}{140} \right) \right] 3600$$

$$E \left[\frac{\delta_d}{V_j} \right] = 31,752 \text{ detik}$$

$$E(t_d) = 120 \text{ detik}$$

$$E(B_{ij}) = 25,6 \text{ detik}$$

Agar dapat menghitung kemungkinan terjadi suatu operasi keberangkatan diantara dua operasi kedatangan menggunakan Persamaan 2.13 seperti dibawah ini :

$$E[T_{ij}] \geq E[R_i] + E\left[\frac{\delta_d}{V_j}\right] + E(B_{ij}) + (n-1)E[t_d]$$

$$E[T_{ij}] \geq 66,618 + 31,752 + 25,6 + (n-1)120$$

$$\geq 123,971 + (n-1)120$$

Untuk satu keberangkatan diantara dua kedatangan akan didapat waktu antara kedatangan sebesar 123,971 detik. Dua keberangkatan diantara dua kedatangan, didapat waktu antara kedatangan sebesar 243,971 detik dan untuk tiga keberangkatan diantara dua kedatangan, didapat waktu antara kedatangan sebesar 363,971 detik. Dengan perhitungan secara singkat dapat diartikan satu kali keberangkatan dapat dilakukan sembarang waktu bila waktu antara kedatangan sebesar 123,971 detik sampai 243,971 detik sedangkan dua kali keberangkatan dapat dilakukan sembarang waktu bila waktu antara kedatangan sebesar 243,971 detik sampai 363,971 detik dan seterusnya.

Hasil matriks menunjukkan antar kedatangan dapat diketahui bahwa kemungkinan bahwa satu buah keberangkatan dapat dilakukan antara dua kedatangan terjadi sebesar 44 persen, dan tidak dapat dilakukan keberangkatan lebih dari satu kali diantara dua kedatangan. Kapasitas *runway* pada kondisi ini dapat dihitung menggunakan rumus dalam Persamaan 2.14 yaitu sebagai berikut ini :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d p_{nd})$$

$$C_m = \frac{3600}{109,37} (1,44)$$

$$C_m = 47 \text{ Operasi per jam}$$

Nilai yang ada pada matriks waktu antar kedatangan $[M_{ij}]$ paling tidak sebesar 123,971 detik, maka nilai yang lebih kecil dari itu diganti menjadi 123,971 detik agar satu buah keberangkatan dapat dilakukan diantara dua kedatangan.

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	123,971	123,971	123,971
	120	132.743	123,971	123,971
	97	182.537	165.394	136.940

Matriks prosentase kombinasi $[p_{ij}]$ berdasarkan jadwal kedatangan pada Tabel 6.3

		Leading		
		140	120	97
Trailing	140	0.59	0.14	0.00
	120	0.18	0.09	0.00
	97	0.00	0.00	0.00

Sehingga disubstitusikan kedalam persamaan sebagai berikut :

$$E(T_{ij}) = 0,59 (123,971) + 0,14 (123,971) + \dots + 0 (136,94)$$

$$E(T_{ij}) = 125,565 \text{ detik}$$

Dengan demikian kapasitas suatu sistem *runway* untuk melayani operasi campuran sebesar :

$$C_m = \frac{1}{E(\Delta T_{ij})} (1 + \sum n_d p_{nd})$$

$$C_m = \frac{3600}{125,565} (1 + 1 (1))$$

$$C_m = 58 \text{ Operasi per jam}$$

BAB VII

PERENCANAAN EXIT TAXIWAY

7.1 Perencanaan Letak *Exit Taxiway*

Perencanaan letak *exit taxiway* ditentukan berdasarkan dari kecepatan pesawat sesaat belum meyentuh landasan sampai berbeok ke *exit taxiwa*. Letak *exit taxiway* dihitung dari ujung *runway* sampai dengan *exit taxiway*. Sedangkan mencari letak *exit taxiway* dari ujung *runway* adalah hasil dari penjumlahan jarak dari ujung *runway* ke titik *touchdown* ($D1$) dan jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* ($D2$) (Horonjeff & McKelvey, 1994)

Penentuan letak *exit taxiway* berdasarkan dari jarak yang dibutuhkan setiap kategori pesawat untuk mendarat, dan bukan hanya letak saja namun setiap kategori pesawat membutuhkan sudut *exit taxiway* yang berbeda-beda. Untuk dapat merencanakan letak *exit taxiway* perlunya data kecepatan dan perlambatan pesawat sesuai dengan Tabel 7.1.

Tabel 7. 1 Data Kecepatan dan Perlambatan Pesawat Berdasarkan Kategori

Kategori Pesawat	V_{ot} (m/dt)	V_{td} (m/dt)	V_e (m/dt)			α_1 (m/dt ²)	α_2 (m/dt ²)
			Sudut 30 °	Sudut 45 °	Sudut 90 °		
A	46.94	44.17	30.87	20.58	7.72	0.76	1.52
B	61.67	50	30.87	20.58	7.72	0.76	1.52
C	71.94	61.67	30.87	20.58	7.72	0.76	1.52
D	85	71.94	30.87	20.58	7.72	0.76	1.52

Keterangan :

V_{ot} = kecepatan pendaratan
 V_{td} = kecepatan *touchdown*
 V_e = kecepatan keluar *exit taxiway*
 α_1 = perlambatan diudara
 α_2 = perlambatan didarat

Kecepatan *touchdown* untuk kategori A adalah kira-kira sebesar 5 *knot* lebih lambat dari kecepatan melewati ujung *runway*, sehingga besar kecepatan *touchdown* untuk kategori A diperkirakan sebesar 159 km/jam. (FAA,1974). Kondisi pesawat terbang setelah *touchdown* di *runway*, pesawat mengalami perlambatan sampai kecepatan benar-benar aman melewati *exit taxiway*. Besar kecilnya sudut pada *exit taxiway* dipengaruhi oleh besar kecilnya kecepatan dari pesawat itu sendiri. Bila kecepatan untuk keluar melewati *exit taxiway* semakin besar maka sudut *exit taxiway* yang dibutuhkan semakin kecil dan begitu sebaliknya. Maksud dari kecepatan keluar *exit taxiway* adalah kecepatan ketika pesawat berada di *tangent curve exit taxiway*.

Contoh perhitungan jarak dari ujung *runway* ke *exit taxiway* untuk kategori pesawat C sudut *exit taxiway* 30° sesuai dengan Persamaan 2.20 :

$$V_{ot} = 71,94 \text{ m/dt}$$

$$V_{td} = 61,67 \text{ m/dt}$$

$$V_e = 30,87 \text{ m/dt}$$

$$\alpha_1 = 0,83 \text{ m/dt}^2$$

$$\alpha_2 = 2,22 \text{ m/dt}^2$$

Jarak dari ujung *runway* ke titik *touchdown* :

$$D_1 = \left[\frac{(V_{ot})^2 - (V_{td})^2}{2\alpha_1} \right]$$

$$D_1 = \left[\frac{(71,94)^2 - (61,67)^2}{2(0,83)} \right]$$

$$D_1 = 827 \text{ meter}$$

Jarak dari titik *touchdown* ke lokasi *exit taxiway* :

$$D_2 = \left[\frac{(V_{td})^2 - (V_e)^2}{2\alpha_2} \right]$$

$$D_2 = \left[\frac{(61,67)^2 - (30,87)^2}{2(2,22)} \right]$$

$$D_2 = 641 \text{ meter}$$

Jarak titik *touchdown* ke *exit taxiway* terkoreksi

- Perpanjangan 3% dilakukan untuk setiap penambahan ketinggian 300 meter dari MSL. Dari data spesifikasi bandara pada Bab IV Data Perhitungan, Sub Bab 4. 1 diketahui bahwa elevasi *runway* Bandara Internasional Soekarno-Hatta berada pada ketinggian 32 feet atau 10 meter diatas MSL.

$$\text{Faktor koreksi} = 0,009144 \times 3\% = 0,001$$

- Pemanjangan 1% dilakukan untuk setiap kenaikan suhu 5,6°C dari 15°C. Suhu di *runway* adalah 32 °C.

$$\text{Faktor koreksi} = [(32 - 15)/5,6 \times 1\% = 0,030357$$

- Maka $D_2 = 641 \times (1+0,001) \times (1+0,030357) = 661$ meter

Jarak ujung *runway* ke *exit taxiway* menjadi :

$$S = D_1 + D_2 = 827 \text{ meter} + 661 \text{ meter} = 1488 \text{ meter.}$$

Hasil perhitungan jarak total dari ujung *runway* ke lokasi *exit taxiway* dapat dilihat pada Tabel 7. 2 hingga Tabel 7. 4.

Tabel 7. 2 Jarak Ujung *Runway* ke Titik *Touchdown* (D_1) dan Jarak Titik *Touchdown* ke Lokasi *Exit Taxiway* (D_2)

Kategori pesawat	D1 (m)	D2 (m)		
		Sudut 30 °	Sudut 45 °	Sudut 90 °
A	152	225	344	426
B	785	348	467	549
C	827	641	760	842
D	1235	950	1069	1151

Tabel 7. 3 Jarak Ujung *Runway* ke Titik *Touchdown* (D_1) dan Jarak Titik *Touchdown* ke Lokasi *Exit Taxiway* (D_2) Terkoreksi

Kategori pesawat	D1 (m)	D2 (m)		
		Sudut 30 °	Sudut 45 °	Sudut 90 °
A	152	232	354	439
B	785	359	482	566
C	827	661	784	869
D	1235	980	1103	1187

Tabel 7. 4 Jarak Ujung *Runway* ke Titik *Touchdown* (D_1) dan Jarak Titik *Touchdown* ke Lokasi *Exit Taxiway* (D_2) Terkoreksi

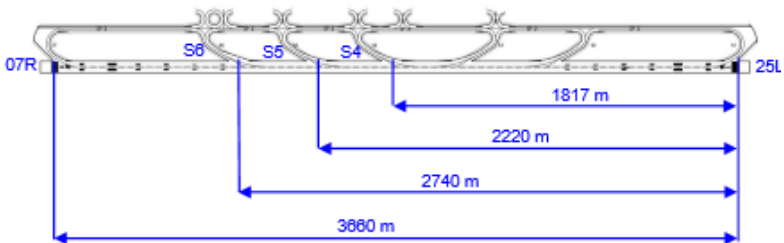
Kategori pesawat	D2 (m)		
	Sudut 30 °	Sudut 45 °	Sudut 90 °
A	384	506	591
B	1144	1267	1351
C	1488	1611	1695
D	2215	2337	2422

Pada Tabel 7.4 didapatkan hasil kebutuhan jarak dari ujung *runway* sampai dengan lokasi *exit taxiway* lalu dilihat berdasarkan kondisi eksisting *exit taxiway* di Bandara Internasional Soekarno-Hatta. Jarak *exit taxiway* yang diambil hanya untuk RWY 25L dikarenakan kebutuhan akan jarak exit taxiway dihitung berdasarkan hasil survey pada saat itu, penggunaan runway pada saat survey hanya menggunakan RWY 25L sehingga didapat jarak dari ujung runway ke exit taxiway sebagai berikut :

Tabel 7. 5 Jarak *Exit Taxiway* dari *Ujung Runway 07R/25L*

Nomer	<i>Exit Taxiway</i>		
<i>Runway</i>	No <i>Exit T/W</i>	Jarak m	Sudut
RWY 25L	S4	1817	30
	S5	2220	30
	S6	2740	30

Sumber : JATSC Airnav

Gambar 7. 1 Jarak *Exit Taxiway* dari *Ujung Runway 25L*

Sumber : JATSC Airnav Tahun 2017

Hasil perhitungan antara kondisi eksisting mengalami perbedaan namun hal ini ditoleransi karena jarak minimum yang dibutuhkan tidak boleh kurang namun boleh sedikit lebih jauh. Jika lokasi *exit taxiway* terlalu jauh dari lokasi ideal, maka akan memperbesar waktu pemakaian *runway* dan mengurangi jumlah pergerakan maksimum yang bisa di layani di *runway*.

Dalam perhitungan lokasi *exit taxiway* memerlukan berbagai data antara lain kecepatan pesawat berupa kecepatan pendekatan (*approach speed*), kecepatan *touchdown*, dan kecepatan keluar *exit taxiway*. Bila terdapat data yang tidak dapat diambil saat survey maka menggunakan standart FAA (*federal Aviation Administration*).

7.2 Perencanaan Jumlah *Exit Taxiway*

Perencanaan jumlah *exit taxiway* dihitung berdasarkan kondisi saat survey data primer. Pada pelaksanaan survey *exit taxiway* yang digunakan antara hanya S4, S5, S6 dan 07R karena arah pergerakan pesawat menuju *runway* 25L Kondisi eksisting saat survey pada Bandara Internasional Soekarno-Hatta pada *runway 1* menggunakan 3 *exit taxiway* bersudut 30° dan 1 *exit taxiway* bersudut 90°. Jarak eksisting antara ujung *runway* dan *exit taxiway* yang ada sudah mencukupi untuk melayani pesawat dari berbagai kategori mulai dari kategori A sampai dengan D. Pada kegiatan survey *exit taxiway* yang sering dipakai adalah *exit taxiway* S4 dan S5 untuk kondisi kedatangan sehingga jumlah *exit taxiway* lebih dari 4 buah tidak berpengaruh terhadap kapasitas maximum *runway 1* dalam melayani pergerakan pesawat terbang.. Berikut ini adalah prosentase distribusi penggunaan *exit taxiway* tanggal 14 Februari 2017 pada saat jam pucak :

Tabel 7. 6 Prosentase Pemakaian *Exit Taxiway* pada Jam Puncak

<i>Exit Taxiway</i> <i>Ke</i>	<i>Kode</i>	Jumlah	%
1	S4	17	26.09%
2	S5	6	73.91%
3	S6	0	0%
4	07R	0	0%

BAB VIII

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1 Kesimpulan

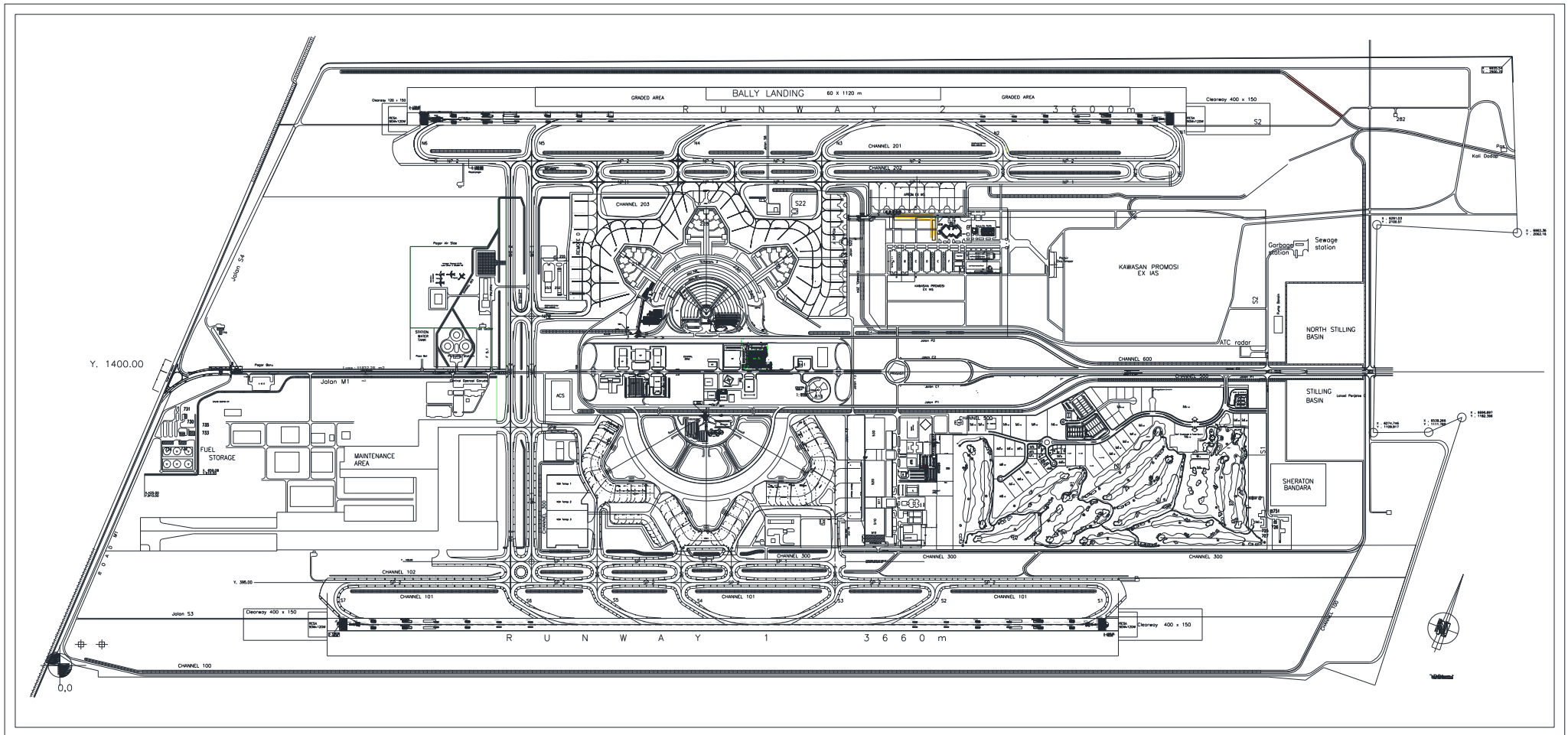
Hasil dari perhitungan Tugas Akhir ini dapat didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Kapasitas *runway* 1 saat ini mampu melayani pergerakan pesawat terbang sebanyak 56 operasi penerbangan pada jam puncak (*peak hour*) baik itu pesawat yang datang maupun berangkat sedangkan pada tahun 2016 jumlah operasi hanya 36 penerbangan baik kedatangan dan keberangkatan
2. Pada kondisi 10 tahun mendatang diperkirakan kapasitas dari *runway* 1 sudah tidak dapat menampung pertumbuhan jumlah penerbangan dengan prediksi bahwa 10 tahun mendatang terdapat 74 operasi penerbangan baik itu kedatangan maupun keberangkatan sedangkan kapasitas *runway* 1 pada 10 tahun mendatang hanya mampu melayani 58 operasi baik itu kedatangan maupun keberangkatan penerbangan pada jam puncak (*peak hour*).
3. Kebutuhan akan *exit taxiway* sudah terlayani dengan adanya 7 *exit taxiway*. Sehingga penambahan *exit taxiway* kurang efektif dalam mengurangi jumlah operasi pada jam puncak.
4. Diperkirakan *runway* 1 sudah tidak dapat melayani operasi penerbangan pada tahun 2019 dikarenakan terjadinya kenaikan operasi penerbangan sedangkan kapasitas dari *runway* 1 tetap, untuk pengaturan *konfigurasi exit taxiway* yang ada pada *runway* 1 sudah memenuhi kebutuhan jarak setiap kategori pesawat yang akan *landing* yang telah dijelaskan pada Bab VII

8.2 Saran

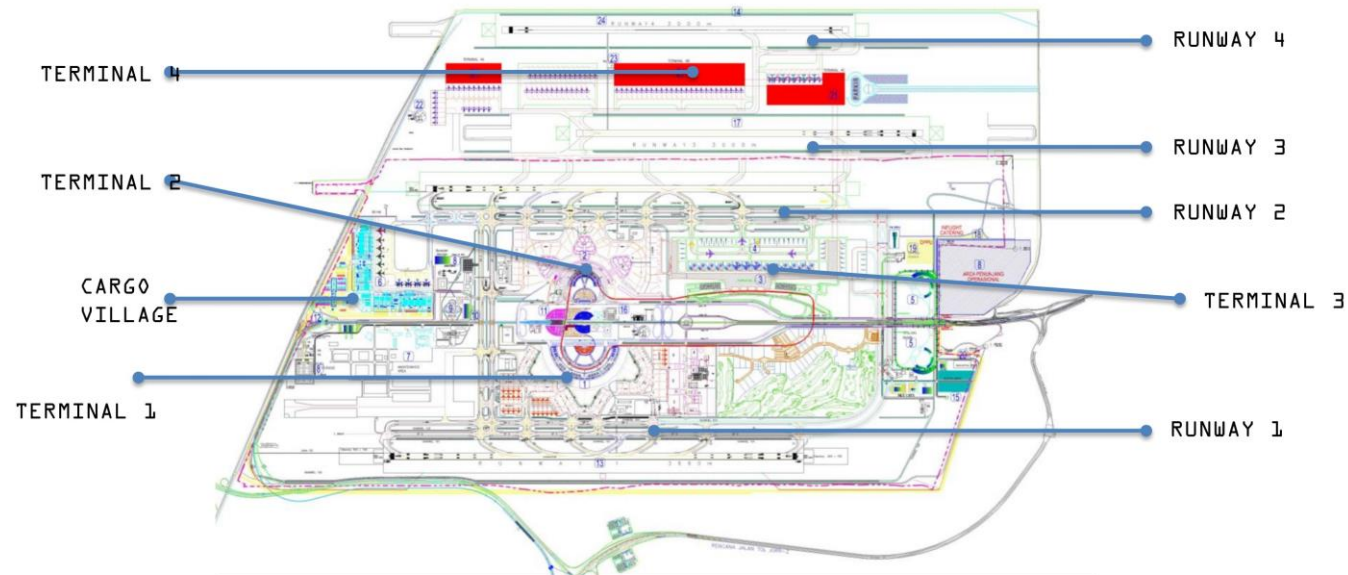
Dari kesimpulan mengenai hasil Tugas Akhir diatas didapatkan saran untuk mengatasi kondisi tersebut antara lain sebagai berikut :

1. Mengatur pembagian penggunaan *runway* sehingga volume operasional yang berlebihan dapat terbagi merata ke semua *runway* mengingat bahwa Bandara Internasional Soekarno-Hatta memiliki 2 *runway* yang dapat digunakan bersama-sama.
2. Pengaturan penjadwalan penerbangan sehingga jam puncak tidak selalu terbebani dalam 1 jam saja.
3. Melakukan koordinasi kepada maskapai untuk menggunakan pesawat terbang yang dapat menampung penumpang lebih banyak lagi namun hal ini harus diimbangi dengan melakukan evaluasi perkerasan *runway* terhadap pembesaran beban yang diakibatkan penggunaan pesawat yang dapat menampung kapasitas penumpang besar.
4. Penambahan *runway* baru agar operasi penerbangan dapat terbagi ke *runway* baru sehingga volume operasi untuk *runway* yang kritis berkurang. Hal ini sudah dilakukan oleh PT. Angkasa Pura bisa dilihat pada *grand design* yang terdapat pada lampiran.



Gambar 8. 1 : *Lay Out* Bandara Internasional Soekarno-Hatta
 Sumber : PT. Angkasa Pura II (Persero) Tahun 2017

Pengembangan Bandara Soekarno-Hatta



NO	PHASE	EXISTING (2013)	STAGE 1 (2020)	STAGE 2 (2040)
1	Runway	R/W 1 : 3.660 × 60 m R/W 2 : 3.600 × 60 m	R/W 1 : 3.660 × 60 m R/W 2 : 3.600 × 60 m R/W 3 : 3.000 × 60 m (2017)	R/W 1 : 3.660 × 60 m R/W 2 : 3.600 × 60 m R/W 3 : 3.000 × 60 m R/W 4 : 3.000 × 60 m
	Aircraft Movement	399.430/year	729.886/year	911.443/year
2	Passenger Terminal Passenger Movement	334.060 m ² 60,13 MPA	1.171.760 m ² 73 MPA	1.649.538 m ² 130 MPA
3	Cargo Terminal Cargo Movement	48.838 m ² 645.300 tons/year	188.095 m ² 1.132.141 tons/year	188.095 m ² 2.425.786 tons/year

Gambar 8. 2 : Rencana Penambahan Runway 3 dan Runway 4
Sumber : PT. Angkasa Pura II (Persero)

DAFTAR PUSTAKA

- Ashford N., & Mumayiz S., A., (2011). *Airport Engineering Planning, Design, and Development of 21st-Century Airports* (Fourth Edi). New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- DOC.4444-RAC/501/12 International Civil Aviation Organization(ICAO), 1985
- Horonjeff R., & Mckelvey. F. X. (2010). *Planning & Design of Airports* (Fifth Edit). New York: Mc Graw Hill, Inc.
- SKEP/77/VI/2005, *Persyaratan Teknis Pengoperasian Fasilitas Teknik Bandara Udara*, Departemen Perhubungan Direktorat Jenderal Perhubungan Udara

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



Form AK/TA-04
rev01

PROGRAM STUDI S-1 JURUSAN TEKNIK SIPIL FTSP - ITS
LEMBAR KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR (WAJIB DIISI)

Jurusan Teknik Sipil It2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Telp.031-5946094, Fax.031-5947284



NAMA PEMBIMBING	: ISTIAR, ST. MT
NAMA MAHASISWA	: WAHYU DWI PRASETIA
NRP	: 3115105053
JUDUL TUGAS AKHIR	: PENENTUAN JUMLAH EXIT TAXIWAY BERDASARKAN VARIASI JENIS PESAWAT DAN KERAPATAN JADWAL PENERBANGAN PADA RUNWAY 1 BANDARA INTERNASIONAL SOEKARNO - HATTA JAKARTA
TANGGAL PROPOSAL	:
NO. SP-MMTA	: 013038 / IT 2. VI . 4.1 / PP . 05 . 02 . 00 / 2017

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARAF ASISTEN
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1	17- maret-17	- Peramalan jumlah pesawat - Konsultasi data Survey		
2		- Rasio pada jam puncak 14-2	perhitungan kapasitas pemukim speed yang akan dibutuhkan	
3		- Perhitungan kapasitas runway pada tahun Rencana. - Perhitungan kapasitas runway pada konsumsi eksisting	- Perhitungan ulang hasil regresi - perhitungan jarak exit taxi way	
4		- Perhitungan jarak exit taxi way	Pencarian data RPS	
5.		- perhitungan ulang peramalan exit taxiway jumlah pergerakan pesawat terbang pada tahun Rencana		
6.		- Perbaiki Laporan tugas akhir	perbaiki kesimpulan	

6

BIODATA PENULIS



Wahyu Dwi Prasetya,

Penulis dilahirkan di Surabaya, 9 Januari 1994, merupakan anak ke-1 dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Mojo Indah Surabaya, SD Negeri Mojo 227 Surabaya, SMP Negeri 29 Surabaya, SMA Negeri 3 Surabaya. Setelah lulus dari SMA Negeri 3 Surabaya tahun 2012, Penulis mengikuti ujian masuk Diploma ITS dan diterima di Jurusan Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112.030.023. Di jurusan Diploma III Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Gedung. Kemudian setelah lulus dari Diploma III Teknik Sipil FTSP-ITS, penulis mengikuti ujian masuk Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS dan diterima di Program S1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 3115 105 053. Di jurusan S1 Teknik Sipil ini penulis mengambil bidang studi Bangunan Transportasi.